S. MELIUJIN

problemas filosóficos de la física contemporánea

37

EDITORIAL GRIJALBO
EDITOR

colección 70

S. Meliujin
M. Omelianovski
L. V. Kutnetsov

Problemas filosóficos de la física contemporánea

Versión al español de
Lydia Kuper de Velasco

Fundación Isidoro Acevedo
OVIEDO

R. 3751

EDITORIAL GRIJALBO, S. A.
México, D. F., 1969

COLECCION 70

PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA FISICA CONTEMPORANEA

Titulo de la obra original en ruso:

PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA FISICA CONTEMPORANEA

Versión al español de Lydia Kuper de Velasco, de la primera edición rusa de Editorial Nauka, Moscú, 1966, Editorial Nauka, Moscú.

D. R. ©, 1969, sobre la versión española por Editorial Grijalbo, S. A., avenida Granjas, 82, México 16, D. F.

PRIMERA EDICION

Reservados todos los derechos. Este libro no puede ser reproducido, en todo o en parte, en forma alguna, sin permiso.

IMPRESO EN MEXICO

PRINTED IN MEXICO

INDICE

Pág.

S. MELIUJIN

PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA FISICA CONTEMPORANEA 7

Vínculos de la filosofía con la física 9

Estructura de la materia y unidad del mundo .. 19

Dialéctica del micromundo 33

Problemas filosóficos de la doctrina del espacio y el tiempo 51

Dialéctica de la unidad y la diversidad en las leyes del movimiento de la materia 79

Bibliografía 93

M. OMELIANOVSKI

EL MATERIALISMO DIALECTICO EN LA FISICA CONTEMPORANEA 97

La fuente filosófica de la física contemporánea .. 99

La nueva física 103

El materialismo dialéctico y la teoría de la relatividad 111

Física contemporánea y realidad..... 117

L. V. KUTNETSOV

LA TEORIA DEL ESPACIO, EL TIEMPO Y LA GRAVITACION. LA TEORIA DE LA RELATIVIDAD 133

Fundación Isidoro Acevedo
OVIEDO

S. Meliujin

PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA FISICA CONTEMPORANEA

Vínculos de la filosofía con la física

La filosofía del materialismo dialéctico es la ciencia de las leyes generales de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano, la doctrina de las propiedades universales de la materia en movimiento. Se ocupa de investigar los aspectos y las leyes de la realidad, que se manifiestan en todos los fenómenos que nos rodean y en el propio crecimiento humano. Debido a ello constituye una concepción integral y sintética del mundo, que se basa en la generalización de los éxitos logrados por todas las ciencias que estudian la naturaleza y la sociedad.

La física como ciencia estudia las propiedades y las leyes del movimiento de la materia, preferentemente en la naturaleza inanimada, o también las manifestaciones de las mencionadas leyes en los organismos vivos (como, por ejemplo, la biofísica). El objetivo de la física lo constituyen las propiedades y leyes concretas y específicas del movimiento de las partículas elementales, de los átomos, las moléculas, los cuerpos macroscópicos y los sistemas cósmicos de diferente orden. Con el progreso de la ciencia han surgido dentro de la física numerosas ramas independientes: la mecánica, la termodinámica, la doctrina de la electricidad y el magnetismo, la óptica, la física nuclear, la teoría de las partículas elementales, la teoría de la relatividad, la mecánica de los medios continuos, la física técnica, la fsicoquímica, la biofísica, la astrofísica, etc. Todas estas ciencias investigan las manifestaciones de las leyes generales y elementales del movimiento de la materia en diferentes campos de la realidad, o bien sus posibles aplicaciones técnicas.

La diferenciación de las ciencias es algo lógico e in-

Fundación Isidoro Acevedo
OVIEDO

evitable, que se desprende del progreso técnico, del incremento y la transformación cualitativa de las exigencias de la producción, del aumento del número de trabajadores científicos y de la complejidad cada vez mayor de los métodos de investigación teórica y experimental. La base objetiva de la diferenciación de las ciencias radica en la inagotabilidad cuantitativa y cualitativa de la materia y la diversidad infinita de sus propiedades y formas estructurales.

Pero la diferenciación de las ciencias encierra también consecuencias negativas: el paralelismo y la repetición en las investigaciones científicas y la reducción de los horizontes de los hombres de ciencia, que resulta de su especialización muy limitada. Como dijo en sus tiempos Kozmá Prutkov,[1] el especialista se parece a un flemón, abulta por un solo lado. La especialización reducida no permite con frecuencia aprovechar los resultados conseguidos por las ciencias afines: a costa de grandes esfuerzos se logra abrir una estrecha senda en regiones, en las que ya existía paralelamente y con anterioridad una buena carretera que, sin embargo, permanece desconocida para el científico.

La superación de estos defectos da como resultado la síntesis de las ciencias, la unión de sus métodos teóricos y experimentales. En las últimas décadas han alcanzado un vertiginoso desarrollo ciencias como la astrofísica, la

1 Kozmá Prutkov es el seudónimo colectivo adoptado por los escritores rusos A. K. Tolstoi y los hermanos A. M. y B. M. Zhemchúzhnikov. Bajo este seudónimo escribieron a fines de la primera mitad del siglo XIX numerosas poesías, fábulas, parodias y aforismos (*Frutos de la reflexión*) y otras obras satíricas muy agudas de carácter social, que fueron utilizadas por los demócratas-revolucionarios en su lucha contra los partidarios del régimen de servidumbre, los liberales y los burócratas. Muchos de los aforismos de Kozmá Prutkov se han convertido en proverbios. (*Nota del traductor.*)

químicofísica, la biofísica, la bioquímica, la geoquímica, la cibernética, etc. En las direcciones de carácter sintético, un mismo objetivo se investiga desde distintos lados, empleando los métodos propios de diferentes ciencias. La base objetiva de la síntesis es la existencia en la naturaleza de leyes generales del movimiento de la materia, que abarcan amplios grupos de fenómenos. El descubrimiento de estas leyes constituye la tarea más importante de las ciencias sintéticas. Pero a medida que se va resolviendo crece el contenido filosófico de cada una de estas ciencias, ya que la filosofía se ocupa precisamente de estudiar las leyes generales y universales del movimiento y el desarrollo. Estas leyes universales abarcan lo que hay de general en numerosas leyes parciales, que reflejan las ciencias concretas. Las leyes generales se manifiestan a través de las concretas. En las ciencias naturales los problemas filosóficos comienzan donde se hacen conclusiones o se plantean cuestiones verdaderas no sólo para la propia ciencia directamente afectada, sino también para otras ciencias afines, para profundizar toda nuestra comprensión del mundo.

La física ocupa un lugar especial entre todas las ciencias naturales, ya que las leyes que estudia poseen un mayor grado de generalidad. La naturaleza que nos rodea la constituyen, en lo fundamental, numerosos cuerpos inorgánicos. La vida sólo es posible en ciertos planetas y se halla distribuida en una capa relativamente delgada de su superficie. Por eso, las leyes del movimiento de la materia inerte son las más extendidas en el cosmos y las que tienen un valor decisivo. Muchas de estas leyes se manifiestan también en los organismos vivos, constituidos por las mismas partículas elementales y átomos que los cuerpos inorgánicos. Debido al amplio grado de generalidad de las leyes físicas, la física es de todas

las ciencias la más vinculada a la filosofía y la que más penetrada está de contenido filosófico.

En las fases más tempranas de desarrollo de la ciencia, en el período antiguo, la filosofía incluía, todo el conjunto de conocimientos. En el transcurso de los siglos XVII a XIX, como resultado del rápido progreso del saber, se independizan de la filosofía numerosas ciencias naturales y sociales, entre ellas la física, que es la ciencia de la naturaleza inorgánica. Pero esta división era incompleta. Dentro de la física, como dentro de otras muchas ciencias, existen numerosos problemas cuya importancia pertenece al campo de la concepción del mundo. Su número aumenta incluso a medida que se sintetizan las ciencias y se descubren leyes altamente generales. Por otra parte, en la propia filosofía continúan existiendo y surgen numerosos problemas cuya resolución no puede onseguirse sin una ayuda eficaz por parte de las ciencias aturales, comprendida ahí la física. Entre los mismos figuran, por ejemplo, el problema de al estructura de la materia, de las propiedades comunes del espacio y el tiempo, de la causalidad y sus formas específicas, de la infinitud de la materia, etcétera.

Las investigaciones filosóficas y físico-teóricas se interpenetran y enriquecen mutuamente. Es, sobre todo, importante el papel de la filosofía en la creación del esquema físico, verdaderamente científico, del mundo. El concepto de esquema científico del mundo significa un sistema integral y no contradictorio de los conocimientos acerca del mismo, sistema que se basa fundamentalmente en la experiencia. Históricamente han existido los siguientes esquemas científicos del mundo: el antiguo (el materialismo atomista antiguo), el mecánico (sobre la base de las leyes de la mecánica newtoniana), el electromagnético (sobre la base de las teorías electromagnética y electró-

nica de Maxwell y Lorentz), y el cuántico-relativista actual, que se basa no sólo en los éxitos de la teoría de los cuantos, sino también en los resultados de las teorías de la relatividad y la cosmología. En la formulación de los principios de cada uno de los mencionados esquemas del mundo, ha sido importantísimo el papel de la concepción filosófica del mundo que dominaba en la época correspondiente y que influyó en los creadores de las concepciones físicas. Hay que señalar que las concepciones materialistas y dialécticas favorecían el progreso de las ciencias naturales, mientras que las idealistas-religiosas y las metafísicas lo frenaban, dando lugar en la ciencia a la aparición de corrientes que la conducían a un callejón sin salida y que exigían grandes esfuerzos para superarlas.

Si se sigue atentamente el desarrollo del saber científico se puede observar la acción de una importante ley: todos los principios y leyes fundamentales y globales de la ciencia, de carácter universal, en un principio ha sido la filosofía la que los ha formulado e investigado en sentido general y cualitativo, pasando después a ser fundamentados experimentalmente y a ser estudiados en su aspecto cualitativo por las ciencias concretas. Una prueba de ello lo ofrece el descubrimiento de las leyes de la conservación de la materia y de sus propiedades esenciales: la masa, la energía, la cantidad de movimiento, la carga, etc.; la historia del establecimiento del principio de la causalidad, el de la acción menor en física, la teoría atomística de la materia, la idea de la unidad entre la discontinuidad y la continuidad de la materia, la relación inseparable entre el espacio y el tiempo, la infinitud del mundo, etc. Todos estos principios fundamentales de la ciencia, que han constituido las directrices de toda una serie de ramas, los ha planteado inicialmente la filosofía. Por ejemplo, la interpre-

tación dialéctico-materialista de la unidad de la materia y sus atributos —el espacio y el tiempo— constituye de hecho la base metodológica de la teoría de la relatividad; la doctrina sobre la infinitud estructural de la materia en el micromundo y en el cosmos es el jalón metodológico de la teoría de las partículas elementales y de la cosmología; la teoría dialéctica del desarrollo de la materia encuentra la más amplia aplicación en la cosmología, la geología, la teoría evolutiva, la fisiología y en otros muchos campos. Además, la teoría materialista dialéctica del conocimiento cumple en la investigación la función de método científico de carácter general. Su importancia aumenta especialmente con la búsqueda de nuevos rumbos en la ciencia y la unidad entre la diferfenciación y la síntesis en el desarrollo de las ciencias.

En la investigación de las propiedades y las leyes del mundo objetivo, los métodos de la filosofía y las ciencias naturales se diferencian un tanto. Las ciencias naturales establecen sus conclusiones teóricas basándose en los experimentos y en la generalización inmediata de los datos que brindan éstos. Los principios filosóficos del mundo también pueden deducirse de la experiencia directa, pero en la mayoría de los casos son resultado de la generalización de tesis teóricas de las ciencias naturales, que han sido demostradas previamente. Dichas tesis son sometidas a un análisis y a un proceso de abstracción ulteriores, cuyo fin es obtener principios y leyes de carácter más general, válidos no sólo en el campo de una ciencia concreta, sino también en otras ramas del saber. La concepción del mundo obtenida por la filosofía no es una simple aplicación de los descubrimientos científico-naturales, sino que constituye una teoría independiente de igual valor para todos los especialistas. Conseguir en filosofía un descubrimiento verdaderamente nuevo es tan difícil como

en cualquier campo determinado, que se base en experimentos concretos. Por otro lado, el conocimiento de los principios generales sobre la configuración del mundo, de las causas de su desarrollo y las posibilidades de conocerlo, hace avanzar la ciencia mucho más que el descubrimiento de cualquier hecho o ley aislados, aunque esto último siempre sea importante. Pero en la ciencia el punto de partida de las nuevas teorías lo constituyeron siempre ideas filosóficas básicas totalmente nuevas, que contribuyeron a modificar el esquema del mundo de la época a que se referían.

El desarrollo de la física en los últimos decenios ha planteado toda una serie de problemas filosóficos de principio relacionados con la interpretación del mundo, totalmente nuevos, desconocidos para la física clásica. Ya en 1909 escribía Lenin, que la física actual crea el materialismo dialéctico, es decir, que llega a conclusiones que confirman semejante concepción del mundo. Por su parte, el materialismo dialéctico constituye el fundamento metodológico del estudio ulterior del esquema físico del mundo.

El ámbito de problemas filosóficos de la física es extraordinariamente grande; por eso es imposible analizarlos e incluso caracterizarlos en un pequeño opúsculo. De todos ellos tomaremos los más importantes, como son los problemas de la estructura de la materia y la unidad del mundo, los del espacio y el tiempo y los de la conexión regular y las relaciones causales en el mundo.

Estructura de la materia y unidad del mundo

El mundo que nos rodea es de naturaleza material; todos los fenómenos que se observan en él corresponden a diferentes estados o propiedades de la materia en movimiento. Materia es toda la realidad objetiva que nos rodea, es decir, que existe fuera e independientemente de nuestra conciencia. Se presenta como una pluralidad infinita de diferentes objetos y sistemas, que son substrato o portador de todos los nexos, propiedades y formas del movimiento. La materia hay que considerarla en unidad con todas sus propiedades y formas de manifestación.

Toda la pluralidad de los objetos y sistemas materiales del mundo pueden dividirse convencionalmente en tre grupos estrechamente ligados entre sí: 1) los objetos d la naturaleza inanimada; 2) los objetos y sistemas de la naturaleza viva y 3) los objetos y sistemas de la sociedad humana. El primer grupo lo integran diferentes formaciones: las partículas elementales y núcleos atómicos, los átomos y moléculas, los cuerpos inertes macroscópicos y los sistemas cósmicos de distinto orden. El segundo, los diferentes organismos vivos y sistemas biológicos, y el tercero, las personas con todos los productos de su actividad laboral.

Una de las manifestaciones de la unidad material del mundo puede ser la unidad de las leyes del movimiento y desarrollo de los elementos estructurales de la materia en diferentes condiciones. Las leyes de interacción de las partículas elementales y los átomos en la Tierra son semejantes a las que tienen lugar en el cosmos, aunque sus formas de manifestación puedan variar. Gracias a ello tenemos la po-

sibilidad de conocer las propiedades de planetas y estrellas lejanos, estudiando su radiación electromagnética y comparándola con la de diferentes materias de la Tierra. La unidad material del mundo permite su conocimiento consecuente e ilimitado. Este conocimiento se lleva al cabo reduciendo lo desconocido a lo que ya conocemos, sobre la base de utilizar las leyes de la analogía y la unidad estructural.

La unidad en la estructura y en las leyes de funcionamiento también puede ser inherente a las formas altamente organizadas de la materia. Por mucho que los seres vivos de otros mundos se diferencien de los que conocemos en la Tierra, también será propio de ellos el intercambio con el medio que les rodee, la renovación permanente de su estructura, la facultad de autoorganización, de reproducción y de desarrollo ascendente. Ahí radican las particularidades generales y más importantes de la vida como forma de movimiento. Análogamente, a los seres conscientes de otros mundos debe serles propio el conocimiento y la transformación activa del mundo circundante, y la creación, para satisfacer sus diversas necesidades, de los elementos materiales y las construcciones que no puedan surgir espontáneamente en la naturaleza. Es precisamente en esta transformación de la naturaleza, activa y perfectamente orientada, realizada sobre la base del conocimiento de sus leyes, donde radica la diferencia esencial entre los seres conscientes y las restantes especies de organismos vivos, incluso de aquellos que están organizados y viven en comunidad (por ejemplo, las abejas, las termitas, los castores, etcétera.)

La unidad material del mundo se refleja también en que cada fenómeno de la naturaleza se halla sometido a las leyes naturales y debe su existencia al principio de la causalidad y a las leyes de conservación de la materia y

de sus propiedades esenciales. En el mundo no existe ninguna clase de fenómenos sobrenaturales, de esencias inmateriales, que no sea posible descubrir y explicar mediante las fuerzas de la ciencia y la práctica. Por último, la manifestación más importante de la unidad material del mundo es la eternidad de su existencia en el tiempo, la imposibilidad de crearlo y de destruirlo, su infinitud espacial y estructural. La materia, como base substancial de todos los fenómenos, es absoluta, no puede surgir de la nada ni desaparecer sin huellas, y lo único que hace es pasar de unos estados a otros. Todos sus cambios vienen condicionados causalmente y se subordinan a las leyes de la naturaleza.

Pero la unidad del mundo no ha de comprenderse como la uniformidad de su estructura. A pesar de que muchas de las leyes que se observan en las condiciones terrestres se manifiestan también a escala de la Galaxia, sería inge nuo pensar que deben actuar exactamente igual en tod el Universo infinito, que en todo el mundo deben existi. iguales formas de substancia y presentarse las mismas combinaciones químicas. De hecho, toda cualidad concreta existe dentro de determinados límites de medida y no puede adoptar valores cuantitativos ni infinitamente grandes ni infinitamente pequeños. Eso se desprende de la ley general de transición de los cambios cuantitativos a cualitativos, según la cual las transformaciones cuantitativas del estado y las propiedades de los objetos materiales conducen en determinada fase a variaciones cualitativas radicales. La nueva cualidad poseerá diferentes características cuantitativas y se subordinará a una ley de desarrollo distinta. Por eso, la unidad del mundo no puede interpretarse como uniformidad de su estructura.

La naturaleza única, multifacética en cuanto a sus manifestaciones, es inagotable cualitativamente. Las formas

superiores de movimiento no se pueden reducir a otras relativamente inferiores, ni las leyes de movimiento de los objetos cósmicos a leyes de interacción entre partículas elementales. Siempre hay que estar dispuesto a la posibilidad de que sean descubiertas propiedades y leyes de la materia totalmente nuevas, que no se asemejen en nada a las ya conocidas. Lenin escribía: "La inteligencia humana ha descubierto mucho de insólito en la naturaleza y descubrirá todavía más, aumentando así su poder sobre ella..." [1]

Pero ni las ciencias naturales en su conjunto ni la física en particular llegaron de una vez a semejante conclusión sobre la heterogeneidad y la inagotabilidad cualitativa del mundo. Durante largo tiempo la unidad del mundo fue considerada como un todo de estructura uniforme y homogénea. Las propiedades y leyes de la materia, conocidas por la ciencia a través de las condiciones que nos rodean, se aplicaban o extrapolaban a todo el Universo infinito. Lo infinito se comprendía como ampliación exagerada y llevada al grado absoluto de lo concreto finito. Semejante punto de vista existió, por ejemplo, dentro del marco del esquema mecanicista del mundo, que imperó en la física y en otras ciencias durante el período comprendido entre los siglos XVII y XIX.

Galileo y Newton formularon las leyes más importantes de la mecánica clásica. El cálculo diferencial e integral creado por Newton y Leibniz permitió dar una expresión matemática exacta al carácter de la acción de las mencionadas leyes en las diferentes condiciones de movimiento de los cuerpos, después de lo cual la física se convirtió en una ciencia cuantitativa exacta, que halló amplísimas aplicaciones técnicas. Basándose en las ecuaciones

[1] V. I. Lenin, *Obras*, t. 14, ed. rusa, pág. 268.

de Newton se investiga actualmente el movimiento de todos los cuerpos macroscópicos dotados de una masa lo suficientemente grande. El triunfo de la teoría de Newton lo constituyeron los éxitos de la mecánica celeste. Basándose en su teoría y en el sistema heliocéntrico de Copérnico, fue posible predecir la situación de los planetas, los eclipses de sol y de luna, el tiempo en que habían de pasar determinados cometas y otros fenómenos. Estos éxitos llevaron a muchos hombres de ciencia a la conclusión de que el mundo en su totalidad es también una máquina gigantesca, en la que actúan las leyes naturales necesarias y donde no caben las casualidades. Las leyes de Newton fueron aplicadas a todos los cuerpos del Universo y también a la microestructura de la materia. Se consideraba que la materia estaba constituida según un principio de jerarquía bastante simple: cada sistema concreto forma parte de un sistema de orden superior y encierra a su vez sistemas de orden inferior. Los elementos integrantes de cada uno de los sistemas se hallan unidos por las fuerzas de la gravitación universal, que son directamente proporcionales al producto de las masas de los cuerpos e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre ellos.

Las fuerzas de la gravedad actúan también sobre la estructura de la materia, pero ahí se les agregan las fuerzas eléctricas y magnéticas, que agrupan los átomos en cuerpos macroscópicos.

El movimiento de los átomos en los cuerpos se subordina a las leyes mecánicas universales, las leyes primarias y más elementales pero que, también al mismo tiempo, son universales. También se admitía la existencia de otras formas de movimiento —el calor, la electricidad, la gravedad, las reacciones químicas, la vida, el pensamiento, las transformaciones sociales—, y hubiera sido una incon-

gruencia negarlas, ya que se veían confirmadas por la experiencia sensorial. Pero los científicos consideraban que como cada cuerpo, incluyendo los organismos vivos, está constituido por átomos, cualquier forma de movimiento, hasta la más complicada, puede ser reducida, en fin de cuentas, al movimiento y la interacción de los átomos, y asegurarlo partiendo de leyes mecánicas. Por eso, toda forma de movimiento no es más que un movimiento mecánico de carácter complejo. El famoso matemático y filósofo francés Laplace dijo a fines del siglo XVIII, que si fuera posible encontrar en el Universo una inteligencia tan omnímoda, que fuera capaz de abarcar en una fórmula única el movimiento de todos los cuerpos, comenzando por los átomos y terminando por los gigantescos sistemas cósmicos, si dicha inteligencia conociese sus características mecánicas y las utilizase para resolver las ecuaciones, estaría en condiciones de predecir el movimiento futuro de todos los cuerpos, e incluso el pasado se abriría a sus ojos. La fe en la universalidad de las leyes mecánicas y en el carácter uniforme de los fenómenos de la naturaleza llevaba a la convicción de que era posible conocer por deducción todos los secretos del Universo, partiendo de la conclusión lógica de las leyes primarias conocidas. Incluso permaneciendo encerrado en una habitación oscura, es posible descubrir todos los secretos del mundo si son acertados los datos iniciales sobre la posición de los cuerpos y las leyes universales primarias. Semejante concepción llevaba al convencimiento de las posibilidades ilimitadas de la mente humana, a la teoría racionalista del conocimiento.

Sin embargo, dentro de los límites del esquema mecánico del mundo existían dificultades insuperables. La primera de ellas estaba relacionada con la tarea de describir matemáticamente los sistemas integrados por gran

número de elementos. Cualquier cuerpo consta de una enorme cantidad de átomos, cuyas interconexiones son prácticamente infinitas. Y si para cuatro o cinco cuerpos en un sistema único era muy difícil establecer las ecuaciones exactas de su movimiento, para los sistemas son miles de millones de elementos, semejante tarea era prácticamente irrealizable.

La segunda dificultad se refería a la comprensión de la estructura de la materia. Para explicar la formación de cualquier cuerpo era necesario admitir que entre los átomos actúan fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitatorias, las cuales los agrupan en sistemas más generales. Ahora toca, ¿cómo se transmiten estas fuerzas? La idea de que lo hacían por sí mismas, a través del vacío, encerraba cierto misticismo. De hecho, el movimiento no puede existir independientemente de su vehículo, el cuerpo que se mueve. Las fuerzas tampoco pueden trasladarse por el espacio sin la presencia del substrato material. Era necesario admitir la existencia de un transmisor material de las fuerzas, el éter universal, continuamente distribuido en el espacio entre los átomos. Si se admite que dicho éter es a su vez discreto, hay que recurrir de nuevo a ciertas fuerzas y a una fuerza continua aun más sutil para poder explicar las conexiones entre sus elementos, es decir, que el problema volvía a presentarse en la forma primitiva. El vehículo de las fuerzas encargadas de unir los átomos debía estar distribuido en el espacio de una forma continua, lo que significa que cualquier volumen, por pequeño que sea, debe encerrar una cantidad infinita de elementos de éter, o como se dice en física, que dicho sistema debe poseer un mínimo infinitamente grande de grados de libertad. Pero describir semejante tipo de sistemas no era posible con los medios de que disponía la mecánica clásica. Por consiguiente, el esquema mecánico del mundo te-

nía fallas trascendentales, era incapaz de explicar ni siquiera desde un punto de vista básico toda una serie de fenómenos esenciales de la estructura de la materia.

Estas dificultades adquirieron aún mayor incremento con el desarrollo de la teoría electromagnética de Faraday y Maxwell, la cual logró relacionar los fenómenos eléctricos y magnéticos, demostrar la posibilidad de su transformación recíproca y también descubrir la naturaleza electromagnética de la luz. Maxwell formuló el sistema de las ecuaciones del campo electromagnético, las cuales explicaban todos los fenómenos eléctricos y magnéticos conocidos entonces. Durante largo tiempo los físicos trataron de relacionar las ecuaciones de Maxwell en las ecuaciones dinámicas de la mecánica de Newton, y aunque no tuvieron éxito, no se desanimaron y persistieron en sus intentos. La convicción del carácter universal y absoluto del esquema mecánico del mundo estaba demasiado arraigada, y por eso se hallaban firmemente convencidos de que en el futuro lograrían establecer la conexión entre las ecuaciones del campo y las de la mecánica. Pero el tiempo transcurría y se iban presentando nuevos y nuevos hechos a los que no se encontraba explicación. Como resultado de las investigaciones en el campo de la radiactividad se descubrió la complejidad y la divisibilidad de los átomos; en los rayos catódicos fueron descubiertos electrones. La investigación del carácter de la propagación de la luz en el éter, teniendo en cuenta la influencia que ejercen las diferentes direcciones de la radiación (experimento de Michelson), dio resultados que negaban la existencia del éter. Ello hizo que la situación en la física variase inmediatamente. El éter estaba considerado como el vehículo material de los campos electromagnético y gravitatorio. El campo estaba constituido por un conjunto de tensiones o deformaciones del éter. Pero los

datos experimentales hablaban en contra de la realidad del éter, lo que dio lugar a que el campo perdiese lo que al parecer constituía su base material. Por un lado existía una teoría muy bien fundamentada, la de Maxwell, que describía a la perfección los fenómenos electromagnéticos conocidos. Pero, por otro lado, nadie era capaz de decir con exactitud qué es lo que describía, ni cuál era el medio cuya modificación reflejaba el sistema de ecuaciones de Maxwell. Con este motivo algunos científicos llegaron a la conclusión de que la materia había desaparecido y que sólo habían quedado las ecuaciones. Hubo intentos de considerar el campo como pura energía, como movimiento inmaterial; otros autores lo determinaron como un espacio en el que actúan fuerzas de tal o cual clase.

Dentro del esquema mecánico del mundo, el concepto de materia era identificado con el de átomo indivisible y carente de estructura. Cuando se estableció que el átomo es divisible y que está integrado por determinados elementos, algunos físicos llegaron a la conclusión de que la materia desaparece. La demostración de que la pretensión por parte de la mecánica clásica de querer dar una explicación universal a todos los fenómenos era excesivamente ambiciosa, fue acogida por algunos filósofos y físicos como el "hundimiento de los principios de la física" y el "derrocamiento del materialismo". La física entró en una fase de crisis metodológica, que de hecho no era más que la crisis del concepto mecánico de la naturaleza. Fue Lenin quien, en la obra *Materialismo y empiriocriticismo,* llevó al cabo un profundo análisis de las causas de semejante crisis y de la forma de salir de ella, y quien demostró que todas las conclusiones respecto a la desaparición de la materia y el hundimiento de los principios de la ciencia eran erróneos. Era falso identificar el concepto de materia con el de indivisibilidad del átomo, ya que

abarca también todos los demás objetos posibles de la naturaleza con todas sus multifacéticas propiedades. Cualquier partícula de materia —átomo, electrón, etc.— es inagotable en su estructura y posee una ilimitada pluralidad de nexos y propiedades. De los principios en que se basaba la física clásica, sólo fracasaron algunas afirmaciones metafísicas, que estaban basadas en una exagerada extrapolación. Sin embargo, el contenido esencial de la vieja física, que la experiencia se había encargado de confirmar, continúa conservando hoy día su valor objetivo y sirve para explicar numerosos fenómenos de la vida cotidiana. La mecánica era una copia fotográfica de los movimientos reales lentos, escribía V. I. Lenin, mientras que la nueva física lo es de los movimientos reales gigantescamente rápidos.

En aquél período, Poincaré y Lorentz desarrollaron en sus trabajos la concepción electromagnética del mundo. En ella la materia era considerada como una unidad de partículas, dotada de carga positiva y negativa, que constituían los átomos y que agrupaban sus campos electromagnético y gravitatorio. Los electrones se mueven según leyes mecánicas, mientras que los cambios que experimenta el campo electromagnético los describen las ecuaciones de Maxwell. La teoría de Lorentz vino a ser una especie de compromiso entre el viejo esquema del mundo y los hechos nuevos que no tenían cabida en él. Pero no estaba llamada a dominar en la física durante largo tiempo. Ya a comienzos del siglo XX se descubrió que una particularidad esencial de los microprocesos es el carácter discreto o discontinuo de las acciones, lo cual es incompatible con las concepciones clásicas. También son discretos los niveles energéticos de los electrones en los átomos, así como los valores de toda una serie de propiedades del electrón y de otras partículas. Al mismo tiem-

po se encontró que las partículas poseían también propiedades ondulares: el movimiento según las leyes ondulares, la capacidad de difracción, interferencia, etc. La ecuación del movimiento del electrón, formulada en 1925 por E. Schrödinger, se diferencia radicalmente de todas las conocidas anteriormente. La función ondulatoria determinada por dicha ecuación se caracteriza por la probabilidad de hallar partículas en cierto volumen espacial.

En los últmos decenios, la física ha logrado descubrir varias decenas de partículas elementales dotadas de propiedades específicas muy diversas, y constantemente se ponen de manifiesto nuevas facetas relativas a la heterogeneidad y la inagotabilidad cualitativa de la materia. El concepto de partículas elementales incluye los microobjetivos conocidos, los cuales participan como un todo en los procesos capaces de ser objeto de medición. El número de tipos de partículas y antipartículas descubierta supera en la actualidad la cifra de 30, sin incluir varia. decenas de partículas en estado de resonancia o inestabilidad, que surgen con las interacciones de gran energía. Dentro de la gran variedad de partículas son únicamente estables los fotones, los neutrinos y antineutrinos, los electrones, positrones, protones y antiprotones, mientras que las restantes partículas, los mesones de diferente masa, los neutrones y antineutrones, los hiperones y sus antipartículas, son inestables y se descomponen en microobjetivos estables. Pero de ahí no se puede llegar a la conclusión de que las partículas están constituidas por partículas estables. En todas las reacciones de desintegración tiene lugar una transformación cualitativa de la materia de un estado a otros. Las partículas inestables, así como las estables, ejercen, en calidad de conjunto, una acción mutua en todos los procesos y escalas capaces de ser medidos.

¿Qué nuevos problemas filosóficos plantea el desarrollo de la física del micromundo? Ante todo se ha modificado la idea sobre el carácter de las transformaciones de los objetos materiales, de las relaciones mutuas entre campo y sustancia, lo discontinuo y lo continuo en la estructura de la materia, de la correlación de lo simple y lo complejo, la estructura y sus elementos, las posibilidades y la realidad y de la dialéctica de la unidad y la diversidad en el micromundo.

Dialéctica del micromundo

La atomística clásica consideraba que cualquier cambio en la materia, que todas sus transformaciones cualitativas sólo pueden realizarse a través de la unión y la separación de los átomos, en cuyo proceso éstos permanecen invariables. El esquema de dicho fenómeno puede representarse de la siguiente forma: ABC → en... A+B+C, o A+B+D+E → ABDE. Las propiedades y nexos de los elementos del sistema se agregan por adición, es decir, que la resultante es igual a la suma algebraica de los componentes.

La física contemporánea admite semejante adición, cuando se suman series de procesos, pero junto a ello descubre numerosas reacciones, en las que tiene lugar una transformación cualitativa de los microobjetos: A → B+C+D, o B+C+D → A+K, etc. Por ejemplo, el neutrón se descompone en protón, electrón y antineutrino: $n \rightarrow p + e^- + \nu$ El mesón π se descompone en mesón μ y neutrino: $\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu$. El mesón μ (con carga positiva o negativa) se descompone en electrón (positrón), neutrino y antineutrino: $\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} \nu + \nu$; el electrón y el positrón pueden transformarse en fotones: $e^- + e^+ \rightarrow 2\,(^3)\,\gamma$. También es posible la aparición inversa de pares de electrones-positrones, con la absorción de fotones de gran energía en el campo de los núcleos atómicos. Este último proceso es de importancia básica para descubrir el carácter material del campo electromagnético. Después del hundimiento de la teoría del éter, muchos físicos dudaban del carácter material del campo y lo identificaban con la energía pura o con el espacio en el que actúan diferentes fuerzas. Por eso, el proceso de

transformación en fotones de los pares de electrones-positrones, así como algunas reacciones nucleares, en las que se desprende energía, eran considerados como una demostración de la "destrucción" de la materia, de su transformación en energía. Algunos físicos y filósofos declararon también que a partir de aquel momento no había que considerar la materia como la substancia de todos los fenómenos, sino la energía, y que, en consecuencia, el materialismo había sido derogado.

Semejante concepción recibió el nombre de energetismo. Desde el punto de vista teórico carece totalmente de consistencia. Los cuantos del campo electromagnético no se pueden considerar en modo alguno como energía "pura", sino que constituyen objetos materiales que poseen, aparte de la energía, otras numerosas propiedades: impulso, espín, capacidad de difracción, de interferencia, de transformarse en otros microobjetos, etc. La energía no puede existir por sí misma, y constituye una de las propiedades de la materia en movimiento. La energía es una medida cuantitativa del movimiento, que caracteriza la capacidad del sistema material de efectuar transformaciones internas y realizar un trabajo determinado. Puede manifestarse en forma de energía cinética, ligada a las traslaciones espaciales de los cuerpos, y de energía potencial. Esta última puede revelarse como energía gravitatoria (por ejemplo, en un cuerpo elevado sobre la superficie de la Tierra), mecánica (en un muelle enroscado), calórica, química (la energía del combustible), nuclear (la encerrada en los núcleos atómicos), etc. Pero en todos los casos la energía es obligatoriamente inherente a determinados objetos materiales, es propiedad suya. En la transformación en fotones de los pares de electrones-positrones, en las diferentes reacciones nucleares, la materia no se convierte en energía en general, sino que se limita a pasar

de unas formas a otras. De igual modo se produce la transformación cualitativa de las formas de energía. Por ejemplo, en las reacciones nucleares que acompañan al llamado "defecto de masa" (disminución de la masa), una parte determinada de la energía ligada internamente, que corresponde, de acuerdo con la ley de $E = mc^2$ (m - masa, c - velocidad de la luz), a la masa de protones y neutrones del núcleo se transforma en energía cinética de los fragmentos del mismo, en partículas elementales y en energía de irradiación.

La ley de conservación de la materia, lo mismo que la de conservación de la energía, no se infringen en ninguno de los procesos, pero ambos son independientes, y es erróneo agruparlas en una ley general, ya que la materia es una substancia universal y absoluta de todos los fenómenos, mientras que la energía es tan sólo una de las propiedades parciales de la materia.

Los cuantos del campo electromagnético pueden transformarse no sólo en pares de electrones-positrones, sino también en mesones y en pares nucleónicos, siempre y cuando la energía sea los suficientemente alta, lo cual es una prueba de que no existen barreras infranqueables entre el campo y la substancia, siendo posible el paso de uno a otro. En todas las transformaciones de las partículas se mantienen rígidamente las leyes de conservación de la energía, la masa, el espín (el movimiento giratorio propio), de la carga eléctrica, el espín isotópico, la paridad (para las llamadas interacciones fuertes), la carga nuclear, el número bariónico y algunas otras propiedades. Todo ello muestra que existe una unidad entre las distintas partículas elementales y los campos, que poseen rasgos comunes. Con tal motivo se plantea la tarea de crear una teoría conjunta para las partículas elementales y los campos.

En las obras de física toda la materia que nos rodea se suele dividir en dos formas esenciales: campo y sustancia. Bajo el nombre de campo se sobreentienden, por lo general, los campos electromagnético y gravitatorio, que carecen de masa en reposo y que están distribuidos ininterrumpidamente en el espacio. La sustancia la constituyen todas las micropartículas y cuerpos macroscópicos, que disponen de masa en reposo y poseen localización discreta en el espacio. La oposición de campo y sustancia es relativa. En el espacio cósmico observamos, en efecto, diferentes cuerpos materiales, que ejercen acciones recíprocas a través de los campos, los cuales aseguran la agrupación de los mencionados cuerpos en sistemas de diferente orden. Ellos "llenan" el espacio de forma ininterrumpida, o más exactamente, el propio espacio constituye la extensión y la coexistencia de los campos y los cuerpos materiales.

Pero si pasamos a la microestructura de la materia, ya no es válida la oposición de campo y sustancia. En cada cuerpo a los núcleos atómicos y a las partículas elementales corresponde una parte infinitesimal de volumen, cerca de 10^{-36} del volumen total del cuerpo. El resto del espacio lo ocupan los campos que agrupan las partículas, es decir, que son precisamente los campos los que constituyen la "propia sustancia". Cada partícula ejerce una interacción con otros microobjetos a través de varios tipos de campos, y algunas de sus propiedades, como la masa, la carga eléctrica y la carga mesónica representan constantes de conexión con los campos gravitatorio, electromagnético y mesónico. Estos campos constituyen una aportación a la estructura de las partículas, siendo imposible establecer exactamente en el espacio el límite donde termina la propia partícula y comienza su campo exterior. Por ejemplo, los experimentos realizados para de-

terminar la estructura de los protones mediante la dispersión sobre ellos de electrones de gran energía ha permitido establecer que el protón es una formación muy compleja con un radio de orden de 7.10^{-10} cm. Según una de las hipótesis sobre la estructura del protón, en el centro del mismo hay un "núcleo" denso rodeado por un campo de mesones π. Este último es el vehículo de las fuerzas nucleares en los núcleos atómicos y lo que agrupa los protones y los neutrones en el núcleo. Por consiguiente, el campo nuclear o de los mesones π forma parte orgánica de la estructura de los protones junto con los campos electromagnético y gravitatorio.

Del mismo modo, el electrón se halla indisolublemente ligado al campo electromagnético y no puede existir sin él. Una característica de semejante nexo es la carga eléctrica como propiedad esencial del electrón. Con este motivo, en la teoría cuántica del campo surgió la hipótesis de que las partículas elementales son cuantos o estados de excitación de diferentes campos: los fotones, cuantos del campo electromagnético; los electrones y positrones, cuantos del campo electrónico-positrónico; los mesones, cuantos de varios tipos de campos mesónicos, etc. Uno de los argumentos a que se acudía en favor de semejante hipótesis era el hecho de que en las interacciones que tienen lugar con grandes energías las partículas se comportan como sistemas con un elevado número de grados de libertad, y en tal sentido se asemejan al campo. También es posible la transformación mutua con carácter universal de las partículas y los campos si se cumplen las correspondientes leyes de conservación de las propiedades de la materia.

Antes, con el concepto de campo se relacionaba una forma de materia, que sólo desempeñaba el papel de transmisor de las interacciones entre las partículas de sus-

tancia, las cuales eran consideradas como algo invariable, que se conservaba en todas las transformaciones. Pero en el transcurso de las últimas décadas se ha demostrado que también las partículas pueden surgir y desaparecer. En determinadas reacciones pueden incluso desempeñar la función de transmisiones de las interacciones entre los cuantos del campo. Por ejemplo, si un fotón de gran energía origina el par de partículas electrón y positrón, y éstas al chocar entre sí se "aniquilan" o se convierten en fotones, en tal caso las partículas de sustancia se comportan como transmisores de la interacción entre los cuantos del campo. Análogo papel pueden desempeñar algunos mesones, que surgen al dispersarse los fotones de gran energía en los núcleos atómicos, y que después se transforman en fotones. En los núcleos atómicos los mesones ejercen la función de cuantos del campo nuclear.

No obstante, la teoría del campo de las partículas elementales tropieza con dificultades ingentes. El cálculo de la energía propia, la masa y la carga de las partículas, basada en la suposición del carácter puntual del origen del campo, da lugar a infinitos valores que carecen de sentido físico, los cuales se eliminan en la teoría mediante procedimientos bastante artificiales. Si se considera que la partícula cargada ocupa un volumen determinado, es imposible explicar su estabilidad partiendo de la teoría del campo. Entre los elementos de las partículas deberán actuar enormes fuerzas eléctricas de repulsión, y para superarlas y asegurar la estabilidad de las partículas sería necesario aplicar otras de atracción, aún mayores y de la naturaleza ajena a la del campo.

Por otra parte, la idea de que cada una de las variedades de partículas son cuantos de los correspondientes campos, obliga a introducir nuevos tipos de campos, lo que da lugar a que la teoría resulte incompleta. Además, la

propia suposición de que la partícula es una derivada de un campo determinado, constituye un concepto excesivamente simplificado, ya que la estructura y las propiedades de las partículas dependen de todos los campos que intervienen.

Para la vieja atomística la idea del carácter discreto de la materia tenía un valor absoluto; en cambio, la teoría de Faraday-Maxwell da preferencia al campo continuo y considera las cargas como puntos nodales del campo.

En la teoría electrónica de Lorentz vuelve a predominar el punto de vista de que las cargas son esencias primarias con respecto al campo, y la teoría cuántica del campo vuelve a la idea de que los campos preceden a las partículas. Nos encontramos, por tanto, con una especie de espiral en el desarrollo del conocimiento científico. Al parecer, la teoría contemporánea tampoco ofrece una solución definitiva al problema de lo discontinuo y lo continuo, de las partículas y los campos. Lo más probabl es que la verdad no consista en considerar que uno de lo conceptos —partícula o campo, discontinuidad o continui dad— sea primario con respecto al otro. El aparato teórico de la física permite deducir las cargas del campo y también este último de aquéllas. Es necesario analizar en su conjunto ambas formas de materia. El campo lo crean las partículas, pero al mismo tiempo cada uno de los campos actúa sobre las partículas, condicionando sus propiedades y su estructura. En la interrelación del campo y las partículas no hay nexo de causa y efecto, sino una conexión funcional más amplia entre formas de materia inseparables y concomitantes. La materia se manifiesta como la unidad de lo discontinuo y lo continuo en su estructura.

Esta unidad no sólo es inherente a los estados de excitación de los campos, a los cuales corresponden cuantos de determinada energía, sino también a los llamados esta-

dos de enrarecimiento de los campos con energía mínima. De la teoría se desprende que la energía del campo electromagnético se puede representar en forma de una suma de osciladores: $E = h\gamma\ (n + \frac{1}{2})$, donde n es el número de osciladores, cada uno de los cuales se equipara a un fotón. Si el número de fotones es igual a cero, la energía del campo no desaparecerá sino que se hará $E_0 = \frac{h\gamma}{2}$, valor que será el mínimo posible.

Eso quiere decir que incluso cuando faltan los fotones, el campo electromagnético no desaparece y que no se interrumpre su variación. El campo de vacío influye constantemente en las partículas, produciendo cambios en sus propiedades. El resultado de semejante influencia es un movimiento oscilatorio permanente de los electrones alrededor de una cierta posición de equilibrio, un desplazamiento del nivel energético de los electrones en los átomos y cierta variación de la masa propia, de la carga eléctrica y del momento magnético de las partículas.

De modo semejane a la existencia del vacío electromagnético, se presupone la del vacío del campo electrón-positrón, en el que el número general de partículas que se manifiestan en las interacciones externas es cero, pero al mismo tiempo tiene lugar de forma permanente una creación y absorción ocultas de los llamados pares electrón-positrón virtuales. Estos últimos pueden ser traducidos del estado oculto al observable, siempre que en el campo del núcleo se produzca la absorción de un fotón de energía lo suficientemente grande.

Los estados de vacío de los campos tienen gran importancia filosófica, ya que ponen de manifiesto la ausencia del vacío en la naturaleza y la unidal de lo discontinuo y lo continuo en la estructura de la materia.

La unidad dialéctica de los contrarios en el micromundo se revela también en que cada una de las partículas constituye una unidad entre lo estable y lo variable. Por un lado, las partículas no existen nunca en un estado totalmente invariable. Se hallan en permanente interacción con el propio campo de irradiación y con los campos de otras partículas, y absorben y emiten cuantos de campos. Pero por otro lado, las partículas estables poseen también cierta estabilidad en su estructura: valores discretos del espín, carga eléctrica, momento magnético, el llamado espín isotópico y otra serie de propiedades. La estabilidad se refiere en primer lugar a la forma interna y a la ley de organización de los microobjetos, mientras que los elementos de materia que los integran sufren constantes cambios. Cada una de las partículas es a la vez "ella y no ella", manifestándose los valores de sus propiedades como una media estadística en el tiempo.

Una de las tareas más importantes de la teoría de micromundo consiste en descubrir la estructura de las partículas elementales. El hecho de su estructura lo confirman numerosos hechos: la diversidad de tipos de partículas y campos, su interacción permanente con el campo de irradiación propio y el carácter estadístico de sus propiedades. Debido a ello, el término de "elementales", aplicado a las partículas, no tiene valor absoluto, sino relativo. Tan sólo refleja los límites de penetración en el actual conocimiento de la estructura de la materia, y no que los correspondientes microobjetos sean elementos suyos, simples y carentes de estructura. Según la observación de V. I. Lenin, el electrón es inagotable, y la naturaleza infinita, lo cual es también justo respecto a otras micropartículas.

La estructura de cualquier sistema representa la unidad de su contenido material y de las leyes de funciona-

miento de sus elementos. La investigación de la estructura de las partículas elementales incluye: 1) la manifestación de los tipos de nexos, de la ley de existencia e interacción de ciertos elementos o formas de materia en la propia partícula elemental; 2) el conocimiento del substrato de dichos nexos, es decir, de las formas de materia, cuya interacción da lugar a la formación de las partículas; 3) el descubrimiento de las formas espaciales de existencia y del carácter de la conservación de las partículas en el tiempo. Todas estas tareas están lejos de haber sido resueltas. En la teoría cuántica, las ecuaciones del movimiento de las partículas describen tan sólo, en lo fundamental, las particularidades cinéticas de existencia de las mismas, sus nexos recíprocos externos. Permiten hallar la probabilidad del lugar que ocupa la partícula en el espacio, pero no descubren su estructura.

No obstante, los experimentos permiten llegar a la conlusión de que las partículas elementales son de estructura compleja.

Sin embargo, la estructura de las partículas no puede interpretarse de una forma simplista, y suponerlas constituidas por partículas semejantes a ellas. En este campo varían incluso las propias leyes de organización estructural de la materia. Respecto a las partículas elementales resulta imposible aplicar incluso el concepto de sistema integrante, constituido por elementos existentes por separado y que conservan su individualidad. Lo que sucede es que en cualquier sistema compuesto, comenzando por el núcleo atómico y terminando en los conglomerados de galaxias, la energía de la interacción entre los elementos integrantes de la materia es muchas veces menor que la propia energía $E = mc^2$, correspondiente a la masa en reposo del sistema. Por eso, el defecto general de la masa en la formación de semejantes sistemas es muy insigni-

ficante, en comparación con toda la masa del sistema. Así, en el caso de los sistemas cósmicos, unidos por fuerzas gravitatorias, es igual a 10^{-13}-10^{-17} de la masa general; en la molécula de agua, igual a 10^{-10} de la masa de los átomos de hidrógeno y oxígeno; en el átomo de hidrógeno, aproximadamente igual a 10^{-5}, y en los núcleos atómicos es del orden de 10^{-3}. Cuanto menores son las dimensiones del sistema material estable, más estrecha es la conexión entre los elementos que la integran. A medida que aumenta la energía de la conexión, mayor es la pérdida de individualidad que experimentan estos elementos dentro del sistema. En el núcleo es ya imposible separar nucleones aislados, ya que la interacción que éste ejerce es la de un todo, en el que las energías de choque son relativamente pequeñas.

La ley de crecimiento de la energía de la conexión por unidad de masa de las formaciones materiales también es aplicable, en principio, a las partículas elementales. Pero en ellas la energía de los nexos internos resulta comparable con toda la energía propia, debido a lo cual no puede aplicárseles el concepto de sistema integrante, con elementos que existen por separado. En la actualidad disponemos de varios medios para influir sobre los microobjetos con ayuda de partículas dotadas de una energía que supera la suya propia en millares e incluso millones de veces. Si las partículas elementales fueran formaciones integrantes, constituidas por elementos de existencia independiente, se descompondrían en dichos elementos en presencia de una energía de acción menor a mc^2 (m - masa de la partícula) o por lo menos igual a ella. Pero en realidad eso no sucede. En todos los procesos conocidos, en que la energía de influencia efectiva aumenta hasta $10^6\, mc^2$ y más, no se produce la fusión de las partículas sino que, como resultado del choque de otras partícu-

las con ellas, surgen numerosos microobjetos: electrones, positrones, mesones de diferentes masas, nucleones e hiperones (cuando la energía de interacción es lo suficientemente grande). En este caso se deberán cumplir obligatoriamente las leyes de conservación de la energía, la masa, la carga, el espín, el espín isotópico y algunas otras propiedades de las partículas. Sin embargo, sería erróneo pensar que las partículas que surgen se hallan ya totalmente preparadas en la estructura de los microobjetos que chocan. Están naturalmente vinculados a su estructura, pero no existen en ella de un modo definitivo y haciendo acto de presencia, sino en potencia como si dijéramos, en forma de posibilidad o, utilizando el lenguaje de la teoría cuántica, en estados ocultos, virtuales. Así, en la estructura de las partículas puede haber pares electrón-positrón, mesones con cargas positivas y negativas, protones y antiprotones, etc. En este caso, la energía de interacción entre ellas es tan grande que el defecto de las masas que surge absorbe casi toda la masa de las partículas virtuales. No obstante, si se ejerce sobre la partícula una acción lo suficientemente fuerte, cuya energía supere la energía propia $E = mc^2$ de los pares electrón-positrón, mesón, nucleón, etc., estos últmos pueden verse traducidos del estado latente virtual, a otro directamente visible y que se manifieste en las interacciones. Eso significará la creación de los correspondientes pares de partículas. Procesos semejantes se observan constantemente en las interacciones de gran energía, por ejemplo, en los choques de partículas de irradiación cósmica con los núcleos atómicos y los protones.

De ahí se desprende que la estructura de las partículas puede manifestarse de distintas formas, según la energía de los nexos exteriores y de las interacciones. No es un factor fijo e invariable, dado de una vez para siem-

pre, sino que cambia constantemente, al mismo tiempo que se modifican los nexos externos. En eso consiste, en particular la diferencia radical entre la estructura de las partículas elementales y la de todas las demás formas de materia conocidas. Si en estas últimas la estructura la determina fundamentalmente la ley de los nexos internos, en cambio, en las partículas elementales con elevadas energías de interacción depende también, y no en menor grado, de los nexos externos.

Por consiguiente, vemos que en el micromundo varía cualitativamente la relación entre lo simple y lo complejo, el sistema y los elementos, las posibilidades y la realidad con respecto a los fenómenos conocidos de la experiencia cotidiana.

La facultad general de las partículas para realizar transformaciones mutuas indica la presencia de rasgos comunes en su estructura. Con este motivo, a la física se l ha planteado en primer lugar la tarea de crear una tec ría conjunta de las partículas elementales y los campos. W. Heisenberg y sus discípulos [1] desarrollan en sus trabajos la idea de que todas las partículas elementales representan el estado de cierto campo espinorial subcuántico. Los elementos del mencionado campo actúan entre sí de forma no lineal, es decir, que sus propiedades y nexos no se agregan por adición, pasando los cambios cuantitativos a cualitativos, y de las "partículas" con un espín semi-entero surgen microobjetos con espín de valor entero y propiedades de índole diversa. La teoría de Heisenberg, a la vez que utiliza las conocidas constantes del micromundo —velocidad de la luz, constante de Planck, carga del electrón—, introduce una nueva, la longitud elemental, que caracteriza las dimensiones espaciales y la

1 Véase: *La teoría cuántica no lineal del campo*. Colección de artículos. Moscú, IL, 1959.

región mínima de interacción de las partículas elementales, y tiene un valor del orden de 10^{-13} cm. De la ecuación no lineal del campo espinorial, formulada por Heinsenberg, se pueden deducir teóricamente los valores aproximados de las masas de una serie de partículas, lo que constituye ya un importante éxito. Pero en su conjunto aún se halla lejos de haber formulado la teoría única de las partículas elementales y los campos. Los experimentos descubren uno tras otro nuevos tipos y estados de las partículas, así como nuevas propiedades específicas suyas, las cuales necesitan de una explicación teórica desde el punto de vista de unos principios únicos.

Pero incluso aunque se lograse crear una teoría única del campo, no se podría considerar como el conocimiento de la última esencia de la materia. La materia es inagotable en su estructura y cada objeto posee no sólo nexos externos, sino nexos internos muy variados. La existencia de objetos simples carentes de estructura es imposible debido a toda una serie de causas. Semejante tipo de objetos carecerían totalmente de nexos internos y de la facultad de sufrir cambios internos, los cuales presuponen una interacción entre los elementos de materia que integran el objeto. A consecuencia de ello deberían ser cuerpos absolutamente sólidos, en los que las interacciones se propagasen con velocidad infinita. Pero como ha demostrado la teoría de la relatividad, las velocidades infinitas son imposibles en principio. Por consiguiente, tampoco es posible la existencia de cuerpos simples carentes de estructura.

Además, los objetos que no tuviesen nexos internos ni la facultad de transformarse carecerían también de nexos externos, ya que la base y la fuente de estos últimos radican en los primeros. La experiencia muestra que todas las propiedades y nexos químicos, eléctricos, mag-

néticos, gravitatorios, etc., de los cuerpos dependen siempre de sus nexos internos, de la interacción entre los elementos de materia que los integran aunque, al mismo tiempo, dependen también de las condiciones externas de existencia del objeto. La total exclusión de los nexos internos significaría infringir el principio de la causalidad y las leyes de la conservación en la explicación del origen de los nexos externos y las interacciones de los cuerpos. Sin estar dotados de nexos internos y externos los objetos no podrían poseer propiedad alguna, no serían capaces de agruparse en sistemas de dimensiones mayores ni revelarían su existencia en los procesos físicos. Evidentemente, en la naturaleza no existe tal clase de cuerpos. El carácter estructural de todos los objetos materiales constituye un atributo inalineable suyo, que emana del cumplimiento del principio de la causalidad en el origen de los nexos externos. Al mismo tiempo, la estructuralidad asegura la posibilidad de modificar y transformar cualquier microobjeto, y sólo semejante modificación puede permitir que se realice su interacción externa.

Desde el punto de vista de la teoría del conocimiento esto puede significar que siempre que se descubran nuevos microobjetos con sus propiedades específicas surgirá obligatoriamente la pregunta de por qué dichas propiedades tienen precisamente esos valores cuantitativos, a qué se deben los tipos de nexos e interacciones que se observan, etc., y la cadena causal de todas las explicaciones nunca podrá darse por terminada. En cualquier teoría integral carente de contradicciones internas y que haya sido confirmada por la práctica existirán siempre puntos y principios que nunca podrán ser comprendidos y fundamentados causalmente recurriendo sólo al contenido, a los métodos y a las bases experimentales de la teoría en cuestión. Para encontrar su explicación causal será nece-

sario salirse de la mencionada teoría y analizar un grupo más amplio de fenómenos o niveles más profundos de organización estructural de la materia. En tal caso las leyes de la nueva y más profunda teoría pueden abarcar, en forma de casos o de manifestaciones parciales, las leyes de las teorías precedentes, aunque eso no es obligatorio.

"La destructividad del átomo —escribía Lenin—, su inagotabilidad, la variabilidad de todas las formas de materia y de su movimiento, fueron siempre el apoyo del materialismo dialéctico. En la naturaleza todos los límites son convencionales, relativos, móviles, y expresan la aproximación de nuestra inteligencia al movimiento de la materia..." [2] Pero a pesar de la variabilidad y lo incompleto de nuestros conocimientos, cada eslabón en el desarrollo de la ciencia tiene un valor que no es transitorio y encierra elementos de la verdad absoluta.

[2] V. I. Lenin, *Obras*, t. 14, ed. cit., pág. 268.

Problemas filosóficos de la doctrina del espacio y el tiempo

El desarrollo de los conceptos sobre la estructura de la materia se halla ligado orgánicamente a la variación en la comprensión del espacio y el tiempo. El descubrimiento de nuevas propiedades de la materia en el micromundo y en las gigantescas escalas cósmicas ha dado lugar a una nueva interpretación de las relaciones espaciales-temporales en estas esferas. El espacio y el tiempo pertenecen a las formas esenciales de existencia de la materia, que no puede subsistir al margen de ellos. El espacio, como forma de existencia, refleja la coexistencia, la estructuralidad y la extensión de cualquier objeto, que actúa recíprocamente con otro, mientras que el tiempo caracteriza el orden de sucesión de los estados y la relaciones de causa y efecto, la duración de la existenci de cualquier tipo de objetos y procesos y la conexió interna de los estados que se conservan y de los que varían. Como casi todas las propiedades de la materia se derivan de su movimiento y su interacción, las propiedades esenciales del espacio y el tiempo en los distintos niveles de organización estructural de la materia será necesario deducirlas del movimiento y de la interacción de los cuerpos. Y habrá que distinguir las propiedades universales del espacio y el tiempo, que se manifiestan en todas las escalas de existencia de la materia, y las propiedades concretas o específicas, que son propias de la materia únicamente a determinados niveles de organización estructural o que distinguen un grupo de fenómenos de otro.

Al referirnos a las propiedades universales del espacio y el tiempo, hemos de señalar ante todo su objetividad, su independencia de la conciencia humana, su valor

absoluto como formas universales de existencia, la indisoluble conexión que mantienen entre sí y con el movimiento, su infinitud cuantitativa y cualitativa, así como la unidad entre lo discontinuo y lo continuo en su estructura. La eternidad del tiempo la determinan el hecho de que la materia y el movimiento no se pueden crear ni destruir, de que su existencia es absoluta y sus variaciones irreversibles. Cualquier suposición acerca del comienzo o fin del tiempo implica indefectiblemente la idea de la creación y del fin del mundo, lo que lleva a conclusiones idealistas-religiosas, que se ven rebatidas por los datos que proporcionan la ciencia y la práctica. La eternidad es propia únicamente de la naturaleza en su conjunto. En lo que se refiere a las formas concretas de la materia, cada una de ellas existe durante un tiempo finito y tiene carácter transitorio.

La propiedad fundamental de la existencia temporal de todos los objetos es su duración determinada, que se manifiesta como unidad de lo discontinuo y lo continuo. Todos los procesos de la naturaleza tienen siempre una cierta duración, no pudiendo realizarse ninguno de ellos instantáneamente y a velocidades infinitas. Entre los estados anteriores y posteriores existe una conexión interna y una transición continua. La duración se manifiesta a través de la conservación de la materia y el movimiento, de la permanencia consecutiva de los objetos materiales en determinadas cualidades. La conservación de la materia y su carácter absoluto condicionan la continuidad general del tiempo. Pero como toda cualidad concreta y cualquier objeto finito existen durante un período limitado, el tiempo posee también la propiedad de discontinuidad, la cual caracteriza tan sólo los períodos de existencia de los estados concretos de la materia, pero no el mundo en su conjunto.

Entre las propiedades principales del tiempo figura su carácter monodimensional e irreversible. La monodimensionalidad se manifiesta en el hecho de que la sucesión de las variaciones temporales solo es posible en forma de ordenación lineal con una medida, a diferencia, por ejemplo, de la tridimensionalidad del espacio. La irreversibilidad se manifiesta en la variación del tiempo, del pasado al futuro, en su asimetría. La orientación del tiempo en un solo sentido, así como su asimetría, se hallan condicionadas por la irreversibilidad de las relaciones de causa y efecto y de todo el proceso de desarrollo de la materia. El pasado influye en el futuro, pero el presente y el futuro no pueden ejercer ninguna acción material sobre el pasado que ya ha tenido lugar.

En física se relaciona con frecuencia la irreversibilidad del tiempo con el incremento de la entropía. La entropía es una función específica del estado, proporcional a' logaritmo de la probabilidad de variación del sistema, y que para los sistemas cerrados refleja la medida de desviación respecto del equilibrio estadístico: $S = k. \ln W$ (donde S - entropía, k - constante de Boltzmann, W - probabilidad de realización del estado). Si, por ejemplo, en un sistema cerrado todas las formas de energía se transforman en calorífica y se equilibran todas las diferencias de temperatura, la entropía del sistema alcanzará el máximo. Eso quiere decir que el sistema pasará al estado más probable de equilibrio estadístico.

En todos los sistemas cerrados la entropía se incrementa, lo cual constituye su variación más probable. Dicha variación va acompañada de procesos de dispersión de la sustancia y de radiación, de transformación de las formas de movimiento en forma calorífica, del paso de los sistemas de estados inestables a otros más estables. De todas las propiedades conocidas de los cuerpos la entro-

pía es la única característica física que varía de forma monovalente con el tiempo y aumenta en los sistemas cerrados. Por eso, en algunos trabajos el incremento de la entropía ha sido interpretado como la causa fundamental y única de la variación irreversible del tiempo desde el pasado hacia el futuro.[1] Sin embargo, no podemos estar de acuerdo con semejante concepción. La entropía es una propiedad parcial de la materia, mientras que el tiempo es un atributo universal suyo, que se manifiesta en todos los niveles estructurales. Por otro lado, el incremento de la entropía únicamente tiene lugar en los sistemas cerrados, pudiendo disminuir en los abiertos. Por ejemplo, en todos los organismos vivos, determinado estadio de su desarrollo se halla relacionado con la complicación de su estructura y sus funciones y con el perfeccionamiento de las formas de reflexión, lo cual está en concordancia con la disminución relativa de la entropía y el aumento de la cantidad de información, en el amplio sentido de la misma. Por tanto en los sistemas abiertos, como en los cerrados, el tiempo varía irreversiblemente del pasado al futuro. De igual modo, en el micromundo son posibles los procesos en que la entropía disminuya en el transcurso de ciertos intervalos de tiempo, pero también allí se suceden en un tiempo que es irreversible. Podemos recurrir incluso al análisis de un sistema caloríficamente cerrado. Todas las diferencias de temperatura se eliminarán en él al cabo de cierto tiempo y el sistema pasará a un estado de equilibrio calorífico con una entropía máxima. Pero, sin embargo, no se interrumpirá la interacción de los átomos y moléculas y de su movimiento, y todas las partículas también actuarán recíprocamente con los objetos externos a través de los campos electromagné-

1 Véase, por ejemplo, H. Reichenbach, *La dirección del tiempo*, ed. rusa, Moscú, IL, 1962.

ticos y gravitatorios y del neutrino. Todos estos procesos transcurren en el tiempo. Por consiguiente, no puede considerarse el incremento de la entropía como la causa de la irreversibilidad del tiempo, ya que no es más que un fenómeno concomitante suyo, que se limita a consolidarla en los correspondientes niveles estructurales o en todos los sistemas físicos en que la entropía crece realmente. Las causas de la irreversibilidad del tiempo deben tener un carácter tan universal como el propio tiempo, o incluso ser más básicas en el sentido de su generalidad y de su fundamento material. Como tal causa, debe considerarse en primer lugar la asimetría o la irreversibilidad de las relaciones de causa y efecto en todos los sistemas. El nexo causal puede establecerse independientemente del transcurso del tiempo, y la índole de su carácter genético es tal que da lugar a que un fenómeno origine y condicione otro, de acuerdo con las leyes de conservación de la materia y de sus propiedades fundamentales. El fenómeno que origina algo constituye la causa, y lo creado por él, el efecto. Esto último se convierte a su vez en causa, dando lugar a algo nuevo, y así sucesivamente. Pero en todos los casos, la acción y el proceso de creación están dirigidos únicamente desde las causas a las consecuencias. La influencia y la creación inversas son imposibles, ya que ello implicaría la contradicción de toda una serie de leyes objetivas, entre ellas la del incremento de la entropía. Semejante asimetría e irreversibilidad de la influencia se mantiene también en todos los sistemas con nexos funcionales bilaterales o multilaterales, cuando al principio un fenómeno influye en otros, después estos últimos en el primero, etc., lo cual se produce paralelamente a las modificaciones sucesivas que experimentan.

Si en cierto sector o durante determinado período to-

dos los nexos causales estuviesen dirigidos en sentido contrario y las acciones se viesen orientadas desde las consecuencias hacia las causas que las originaron, todas las mencionadas consecuencias (diferentes objetos y sus propiedades) deberían modificarse después de tal forma que desapareciesen dentro de los propios fenómenos que las habían originado desde el punto de vista del transcurso del tiempo en el sentido "corriente"; a continuación, las últimas, dasaparecerían a su vez con el transcurso del tiempo dentro de las causas a que debían su origen, etc. Todos los organismos vegetales y animales encontrarían la muerte en las semillas o en el semen, el humo y la luz procedentes de la leña en combustión se volverían a combinar en los troncos, los cuales, a su vez, se transformarían en los árboles que habían desaparecido en forma de semillas en la tierra, etcétera.

Sin embargo, esta suposición está en franca contradicción con la práctica, con el proceso general que se observa en el orden regular de desarrollo, el cual se basa únicamente en las causas y en las consecuencias a que éstas dan lugar, y no al contrario. Este orden fundamental de sucesión de los acontecimientos determina la irreversibilidad del tiempo en cada sector del espacio. En escalas suficientemente grandes, la irreversibilidad de los cambios se refleja en las transformaciones cualitativas de las formas de la materia y el movimiento, en la dispersión en el espacio de la irradiación electromagnética y gravitatoria, en el neutrino. En particular, todos los procesos de desintegración de los núcleos radiactivos, de los neutrones y mesones de diferentes masas, se dirigen con más probabilidad hacia la irradiación del neutrino y de otras partículas que hacia el proceso opuesto, de síntesis del neutrino y otros microobjetos, en el que se producen las formas que dieron lugar a la desintegración.

A escala cósmica la irreversibilidad general de los cambios de la materia se puede descubrir únicamente con una antelación de miles de millones de años; en intervalos más reducidos tienen lugar procesos cíclicos de dispersión y concentración de la materia en las formas que conocemos. Hay que tener en cuenta que las estrellas irradian al espacio partículas de sustancia y radiaciones electromagnéticas; después, la sustancia se concentra en gigantescas nebulosas, formadas por gases y polvo, y en otros objetos de los que surgen los grupos de estrellas, etc. En su conjunto, el desarrollo en el mundo constituye una unidad de cambios cíclicos e irreversibles. Pero la irreversibilidad no puede identificarse con una dirección única o con el movimiento del Universo hacia un fin determinado, semejante a la "muerte térmica". Para los sistemas materiales infinitos como lo es todo el Universo no existe un último estado de mayor probabilidad. En ellos son posibles variaciones ilimitadas de la materia en diferentes sentidos. Por eso, el transcurso del tiempo y el proceso de desarrollo en el mundo no pueden terminarse jamás.

¿Cuáles son las propiedades generales del espacio? El espacio se caracteriza por la estructuración, la extensión y la coexistencia de elementos de materia en cualquier sistema. La magnitud de la extensión de los cuerpos depende de sus nexos internos y externos. Por eso, la existencia estable y la extensión de cualquier cuerpo se hallan condicionadas por la interacción entre los átomos y moléculas que lo integran y por la unidad de los procesos de atracción y repulsión en la estructura del mismo. Si desapareciesen estos nexos e interacciones internos, el cuerpo dejaría de existir y entonces tampoco se podría hablar de su extensión. Al variar la energía de los nexos entre los átomos y moléculas del cuerpo, pueden cambiar su forma espacial y su extensión. Por eso, cuando en los

cuerpos sólidos aumenta la energía de las moléculas, éstos se funden y se transforman en líquidos, los cuales, a medida que se les continúa calentando, se convierten en vapor; como resultado de ello es posible que cambie notablemente el volumen ocupado por el cuerpo en cuestión.

Una propiedad muy general del espacio es su carácter tridimensional. Todos los objetos y procesos materiales conocidos poseen una estructura tridimensional. No hay ningún dato de que existan objetos, fenómenos o leyes de la naturaleza que no se adapten a las relaciones espaciales tridimensionales y requieran para su existencia un espacio con mayor número de medidas.

El carácter tridimensional del espacio se desprende de las propiedades generales del movimiento. Se sabe que el punto es el objeto abstracto más simple, que no admite mayor descomposición. El movimiento del punto genera una línea, la cual puede ser definida como el espacio de una dimensión. El movimiento de una línea en forma no parelela a sí misma origina un plano, que es un espacio bidimensional. La traslación del plano da lugar a un espacio tridimensional. Este último, cualesquiera que sean las posibles traslaciones y tipos de interacción, no se puede transformar en un espacio de mayor número de medidas.

En matemáticas se utiliza el concepto de espacio multidimensional, pero es en un sentido específico, que no sólo se aplica para expresar la extensión de los cuerpos y la distancia entre ellos, sino también para caracterizar las interconexiones entre las distintas propiedades de cuerpos que se hallan en relaciones semejantes a las espaciales. El conjunto de n-propiedades se agrupa en el concepto de espacio n-dimensional, y los diferentes valores de las propiedades se determinan como puntos en el espacio n-dimensional. Supongamos, en calidad de ejemplo, que en la

mezcla de varios gases se investiga la relación entre la temperatura T, la presión P y la densidad ρ de los gases, el porcentaje de cuyo contenido lo determinan los valores C_1 y C_2. La conexión de dichas magnitudes se puede representar en forma de cuadros o gráficos. Pero también es posible utilizar otra forma de descripción, cuando el conjunto de las magnitudes T, P, ρ, C_1 y C_2 se determinan como un espacio pentadimensional, y los correspondientes valores de las propiedades de los gases se reflejan en él en forma de puntos. Si hay un sistema con un gran número de propiedades y variables interrelacionadas, se podrá llegar al concepto de espacio multidimensional o incluso a un número infinito de dimensiones. Sin embargo, en este caso el concepto de espacio es bastante convencional y artificial, ya que se emplea para caracterizar otra clase de propiedades que difieren totalmente del verdadero espacio en el sentido que se le ha dado anteriormente. En principio, es posible reflejar cualquier tipo d fenómenos, por complejos que sean, mediante tres coor denadas espaciales y una temporal, pero variando el modo de descripción.

El carácter tridimensional del espacio se presenta también en los microprocesos. La propagación de la onda electromagnética libre se caracteriza por tres sectores perpendiculares entre sí: los que determinan las tensiones eléctrica y magnética y el de propagación del frente de la onda. La propiedad espiroidal en las partículas elementales presupone en ellas una estructura espacial tridimensional. Las tres medidas del espacio constituyen la cantidad necesaria y, en general, el mínimo suficiente dentro del cual se puede realizar toda la clase de movimientos, interacciones y relaciones estructurales de los objetos materiales. A este respecto la situación puede ser análoga a las propiedades del tiempo que, aunque monodimensional

e irreversible, refleja, sin embargo, la sucesión y la continuidad de toda clase de variaciones.

Entre las propiedades universales del espacio figura su carácter contradictorio, la unidad de lo discontinuo y lo continuo en su estructura. Todos los sólidos y las micropartículas se presentan como formaciones discretas, mientras que los campos se hallan distribuidos en el espacio de modo continuo. Como forma de existencia de todas las clases, infinitamente variables, de materia existentes en el mundo, el espacio es continuo, pero como atributo de los cuerpos y partículas finitos, delimitados entre sí, posee propiedades discontinuas.

También hay que incluir entre las propiedades universales del espacio su infinitud cuantitativa y cualitativa, que se halla íntimamente ligada a la infinitud de la materia en todas sus manifestaciones. En el mundo existe infinito número de objetos y sistemas, así como de niveles de organización estructural de la materia, que poseen propiedades y leyes de variación específicas. Por grandes que sean las dimensiones de un sistema, siempre será posible hallar otro sistema o conjunto de cuerpos de orden superior que incluya al primero como uno de sus elementos. Naturalmente, las formas de organización estructural de la materia varían con el aumento de las escalas, lo cual se halla condicionado por la acción de la ley universal de la transición de los cambios cuantitativos en cualitativos.

En la cosmología actual ciertos autores admiten que al mismo tiempo que el espacio universal puede poseer en todos los lugares curvatura positiva y ser cerrado y finito, carezca de límites. En semejante espacio un rayo de luz podría moverse constantemente hacia adelante, pero en última instancia describiría una curva cerrada y regresaría a una región próxima a la de partida. Sin embar-

go, semejantes suposiciones constituyen una abstracción idealizada y no reflejan las propiedades del mundo real. En primer lugar, incluso aunque se juzgue la estructura del Universo desde el punto de vista de los conocimientos actuales y se considere que éstos han alcanzado la perfección y no pueden modificarse más, no se puede llegar a la conclusión que el espacio universal es cerrado. El desplazamiento hacia el rojo en los espectros de otras galaxias indica una expansión en las acumulaciones galácticas que nos rodean y también que el "radio del mundo" aumenta constantemente. Además la curvatura del espacio, determinada en todas las medidas, tan sólo puede tener carácter local, no siendo posible referirla a todo el Universo.

En segundo lugar, no existen motivos para llegar a la conclusión de que, aparte de las acumulaciones galácticas de sustancia que actualmente se observan en el mundo, no existen otros sistemas cósmicos. Por el contrario, de año en año, a medida que surgen instrumentos astronómicos más perfectos, los límites del mundo se amplían de forma continua. Ahora, los radiotelescopios más sensibles registran la irradiación de galaxias que se hallan a una distancia de 13 mil millones de años luz, y no hay motivos para dudar que existen otros objetos cósmicos aun más lejanos.

Por último, no hay que olvidar que todas las ecuaciones de la gravitación en la cosmología, sobre las que se funda la conclusión de la posibilidad de un mundo cerrado, reflejan tan sólo las propiedades de algunas formas de materia: de las sustancias y del campo gravitatorio. Pero la materia es inagotable en su estructura y con toda probabilidad existen otras muchas clases de materia, desconocidas aún, que pueden no estar sometidas a las mencionadas ecuaciones, y cuyas relaciones con el campo

gravitatorio pueden no corresponder a las que mantienen todos los cuerpos con la masa en reposo finita. En tal caso, las conclusiones acerca de la finitud del mundo no serían efectivas para ellas, ya que los campos gravitatorios no mantendrían a tales objetos en el espacio "cerrado".

No hace relativamente mucho que la física no sabía nada del neutrino, y muchos suponían que toda la materia se reducía a la sustancia y al campo electromagnético, los cuales interactuaban a través del campo gravitatorio. Hoy día se ha establecido teóricamente que más del 7 por ciento de la irradiación de las estrellas se la llevan los neutrinos, cuya densidad aumenta continuamente en el espacio, debido a la debilidad con que los absorbe la materia. Y hay que señalar que aún se desconoce la forma de interacción entre los neutrinos y los campos gravitatorios. Se supone que su comportamiento en estos últimos debe ser análoga al comportamiento de los fotones y de las partículas de sustancia, pero hasta ahora semejante punto de vista no se ha visto confirmado por ningún experimento. No hay seguridad de que esta hipótesis sea acertada, si se tiene en cuenta que los neutrinos poseen una serie de propiedades universales que los distinguen cualitativamente de otras formas de materia (una colosal facultad de penetración, la carencia de masas en reposo, etcétera).

Análogamente, en el mundo pueden existir otras muchas clases de materia, cuyos nexos e interacciones sean cualitativamente distintos de todos los conocidos. Por eso, metodológicamente es equivocado edificar una teoría sobre el carácter cerrado y finito del mundo, convirtiendo en algo absoluto las limitadas ideas que actualmente se tienen sobre él. Hay que esperar siempre la posibilidad de que cualitativamente existan otros nuevos tipos de ma-

teria y de formas de interacción, los cuales determinen la propiedad del mundo que conocemos y con ello lo "abran", y que signifiquen el paso a otros grupos de fenómenos más generales y fundamentales.

El hecho de que todos los sistemas que existen en el mundo no sean cerrados depende de la inagotable variedad de las especies de materia y movimiento. Un sistema cerrado para unos nexos e interacciones será obligatoriamente abierto para otros cualitativamente distintos.

Veamos ahora las propiedades específicas del espacio y el tiempo. Los grandes éxitos logrados en su conocimiento se deben al desarrollo de la teoría de la relatividad, de la mecánica cuántica y de algunas otras ramas de las ciencias naturales.

La teoría de la relatividad expresa que la duración de los intervalos temporales y el ritmo de los procesos en los sistemas materiales depende de la velocidad de su movimiento y de la tensión de los campos gravitatorios exter nos. Cuanto más próxima sea la velocidad de movimient del sistema a la de la luz en el vacío, mayor será la lentitud con que se desarrollen en él todos los procesos: $t = t_0 \sqrt{1-v^2/c^2}$, donde t - es el tiempo en el sistema en movimiento, t_0 -el tiempo en el sistema en reposo, v - la velocidad del cuerpo y c - la velocidad de la luz. Esta ley la confirman las observaciones del período de desintegración de los mesones en los rayos cósmicos, en dependencia de su movimiento en la atmósfera u otros medios. A medida que la velocidad de los mesones se aproxima a la de la luz, aumenta la longitud de su recorrido antes de desintegrarse, lo que en lo fundamental está condicionado por el aumento del tiempo de vida de las partículas.

La duración de los procesos en los sistemas depende también del valor absoluto del potencial gravitatorio del campo de atracción en que se halle el sistema. En los cam-

pos de gravitación los procesos transcurren con mayor lentitud que fuera de ellos, como lo confirma la observación de las variaciones de las frecuencias de la irradiación de los átomos en los campos gravitatorios. La frecuencia de las líneas espectrales de irradiación, emitidas por los átomos en la superficie del Sol y de otras estrellas, resulta desplazada hacia la parte roja del espectro en comparación con la frecuencia de irradiación de los átomos análogos en ausencia de campos de gravitación o en esferas con mucho menor potencial gravitatorio, como sucede, por ejemplo, con la Tierra.

Gracias a la finitud de la velocidad de difusión de las interacciones y de la dependencia en que se hallan los ritmos de desarrollo de los nexos internos en los sistemas materiales, en el Universo no existe un tiempo igual y único. Cada sistema material, relativamente independiente de otros sistemas, dispone de su ritmo específico de procesos temporales. Dicho ritmo depende también de nexos externos, como son la influencia de los campos gravitatorios y la velocidad del movimiento. La ausencia en el Universo de un tiempo común depende también de la simultaneidad relativa de los acontecimientos, que puede darse en un sistema y no en otro que se mueve con relación al primero. Este último efecto lo determina la finitud de la velocidad de propagación de las señales.

Análogamente a la variación del tiempo se modifican también las propiedades del espacio en dependencia del carácter del movimiento y de los nexos. Con el aumento de la velocidad del movimiento las dimensiones de los cuerpos con respecto a otros sistemas de cómputo se reducen en el sentido del movimiento $l = l_0 \sqrt{1-v^2/c^2}$. Para los cuerpos macroscópicos esta relación aún no está confirmada experimentalmente, pero su realidad no da lugar a dudas, ya que se desprende de todo el contenido

de la teoría de la relatividad, confirmada experimentalmente. Los procesos del microcosmos pueden servir de analogía entre las posibilidades de variación de las propiedades espaciales y la velocidad del campo. Se sabe que todas las micropartículas poseen al mismo tiempo propiedades corpusculares y ondulatorias. Durante la irradiación y la absorción, los microobjetos se revelan como partículas, y es durante su movimiento en el espacio y dispersión a través de las rejillas de difracción, cuando revelan sus propiedades ondulatorias. A consecuencia de ello resultan posibles la difracción e interferencia de las partículas, es decir, los fenómenos ondulatorios específicos.

Cada partícula se halla relacionada con determinada longitud de onda: $\lambda = \frac{h}{mv}$, donde m es la masa de la partícula, v —su velocidad de movimiento y h— la constante de Planck. La longitud de onda caracteriza la región de la posible localización espacial de la partícula. Al aumentar la velocidad, disminuye, y de acuerdo con ello se reduce el volumen en el que existe la posibilidad de descubrir la partícula como objeto discreto.

Hay que subrayar que las partículas elementales no pueden ser consideradas como esferas de dimensiones completamente determinadas e invariables. Cada una de ellas se halla íntimamente ligada a diferentes campos, los cuales influyen en su estructura. Es imposible establecer con exactitud la frontera donde termina la propia partícula y comienza su campo, ya que dicho límite es objetivamente indeterminado. Por eso, los microobjetos constituyen una unidad entre lo discontinuo y lo continuo. Debido a ello, las dimensione espaciales de unos respecto a otros pueden manifestarse de diferente modo. Si, por ejemplo, chocan dos partículas de igual carga, dotadas de

una energía no muy elevada, gracias a la acción de las fuerzas eléctricas de repulsión, se separarán a una distancia relativamente grande de los centros de las partículas. Si una de ellas carece totalmente de carga, la esfera de choque será mucho menor. También se reducirá cuando el choque tenga lugar entre dos partículas de igual carga que posean gran energía. Por consiguiente, las dimensiones espaciales de las partículas, que se revelan en su interacción, dependen de sus cargas, su masa y su energía cinética. Al variar estos parámetros también lo hará la esfera en que se manifiestan los microobjetos. Como se señaló anteriormente, debido a la indisoluble vinculación entre las partículas dotadas de diferentes campos, las propiedades fundamentales de las partículas son medias estadísticas con respecto al tiempo, ya que los microobjetos constituyen una unidad entre la estabilidad y la variabilidad.

La presencia de los campos gravitatorios produce una modificación en las trayectorias de movimiento de todos los cuerpos y una desviación de los rayos luminosos, y determina la "curvatura" del espacio, haciendo que sus propiedades métricas se desvíen de las del espacio euclidiano. Si la densidad límite de la sustancia y la masa general del cuerpo en el sistema son lo suficientemente elevadas, el campo gravitatorio creado por ellas puede ser tan potente como para conservar la mayor parte de la irradiación dentro de los límites del sistema en cuestión. Dicho sistema poseerá un espacio relativamente cerrado de curvatura positiva. Con semejantes sistemas pueden guardar analogía, al parecer, las "superestrellas", o dicho más exactamente, aquellas galaxias en formación que, aunque de dimensiones relativamente pequeñas, posean una masa enorme. Se supone que en la primera fase de desarrollo de las "superestrellas", cuando su sustancia

se halle concentrada en una pequeña región, los campos gravitatorios creados por ellas habrán de poseer una tensión tan elevada que sean capaces de mantener dentro de los límites del sistema la irradiación electromagnética y las partículas de sustancia que surjan en él. Debido a ello, las "superestrellas" son invisibles en tales fases de su evolución.

No obstante, y como hemos observado ya, no existen sistemas cerrados absolutos. Un sistema que sea cerrado con relación a unos tipos de nexos será abierto respecto a otros cualitativamente distintos. En determinada fase de desarrollo, dichos sistemas aumentan extraordinariamente de dimensiones, su campo de gravitación deja de hallarse en condiciones de conservar toda la irradiación que surge y se hacen visibles.

Pasemos ahora a las propiedades de simetría del espacio. La simetría se manifiesta concretamente en la conservación de las propiedades espaciales y de otro tipo de los objetos, cuando se reflejan como en un espejo. Muchos objetos geométricos —la esfera, el cubo, el paralelepípedo, el octaedro, etc.— no varían en las reflexiones especulares. Las ecuaciones de movimiento de muchos objetos conservan invariable su forma cuando se cambian los signos de las coordenadas. Eso les sucede, por ejemplo, a las ecuaciones de la mecánica en el movimiento de los cuerpos macroscópicos, y también a las ecuaciones del campo electromagnético. En la mecánica cuántica la simetría especular de las propiedades de las partículas se refleja en el concepto de paridad, que expresa el carácter de las variaciones de la función ondualtoria de las partículas en el reflejo espacial de todas las coordenadas. La paridad se considera igual a + 1 si la función ondulatoria no cambia de signo cuando se reflejan todos los ejes de coordenadas, lo cual corresponde al estado de paridad del

sistema. Por el contrario, si la función ondulatoria cambia de signo al ser reflejada, la paridad será igual a -1, lo que indicará un estado impar. La conservación de la paridad en las interacciones significa que las leyes que rigen los procesos no varían en los reflejos especulares.

Pero no todos los objetos poseen simetría espacial. Existe asimetría en la distribución de algunos órganos en los animales, en las propiedades espaciales de las moléculas de la materia viva, en el carácter que ofrecen con relación al tiempo las variaciones de muchos procesos termodinámicos, electromagnéticos, biológicos, etc. También se infringe la simetría espacial de los procesos en el micromundo, por ejemplo, en las interacciones débiles relacionadas con la irradiación del neutrino y de otras partículas. Así, por ejemplo, los electrones que aparecen en la desintegración de los núcleos radiactivos del cobalto Co^{60} se irradian fundamentalmente en una dirección con respecto a la rotación del espín del núcleo. Del mismo modo existe una dirección preferente en el desprendimiento de los mesones π con la desintegración de las partículas λ, los cuales, después de haber surgido, se orientan de forma determinada en su movimiento. La simetría de semejantes procesos indica que en las interacciones débiles se infringe la ley de la conservación de la paridad. De aquí se desprende, al parecer, que en semejantes procesos las propiedades de la reflexión espacial especular no son idénticas a las del espacio corriente. Pero ello da lugar a una serie de contradicciones en la teoría. Por eso, en la reflexión espacial especular se propuso (Li Yang y Landau) pasar simultáneamente de las partículas a las correspondientes antipartículas.

Con semejante inversión combinada se conserva la simetría de las propiedades del espacio y no se modifican las leyes de la interacción. Eso significa que el cambio de

signo de todas las coordenadas para los electrones, protones, neutrones, etc., debe estar unido al paso a los positrones, antiprotones y antineutrones. Las antipartículas, al igual que las partículas corrientes, pueden formar núcleos atómicos estables, átomos, moléculas y cuerpos macroscópicos. A consecuencia de ello es posible la existencia en la naturaleza de un "antimundo" o de sistemas cósmicos de antipartículas. En el "antimundo" las propiedades del espacio y las leyes de desarrollo de la materia deben ser, al parecer análogas a las propiedades y leyes de nuestro mundo. Es más, los seres de tales sistemas pueden considerar nuestro mundo como "antimundo". Pero todos estos contrastes se manifiestan tan sólo como diferencias esenciales dentro de una naturaleza en desarrollo única.

Durante los últimos decenios, en la teoría cuántica se ha elaborado de forma permanente la hipótesis referente al carácter discreto del espacio y el tiempo en el micro mundo, según la cual ambos son discontinuos y están constituidos por numerosos "volúmenes" y "momentos" incapaces de ulterior subdivisión. Toda una serie de consideraciones sirven de base a dicha hipótesis. En primer lugar, una particularidad esencial de los microprocesos es la del carácter discontinuo o discreto de las acciones, el cual lo manifiesta la existencia del cuanto de acción. También son discretos los valores de muchas propiedades de las partículas: la carga eléctrica, el espín, el momento magnético, la paridad, el espín isotópico, etc. En los átomos los electrones pueden existir únicamente a determinados niveles, que constituyen una sucesión discreta. Las partículas elementales, en calidad de formaciones únicas, se transforman íntegramente unas en otras. A la luz de semejantes hechos se plantea naturalmente la idea de que quizá el espacio y el tiempo sean también discretos en el micromundo.

Otro argumento en favor de la mencionada hipótesis es el de las dificultades básicas que ofrecen las teorías de los campos cuánticos. El cálculo de la energía del campo electromagnético creado por el electrón y por otras partículas conduce a magnitudes que carecen de sentido físico. A medida que la energía del campo se aproxima hacia el centro del electrón, aumenta de forma ininterrumpida, alcanzando un valor infinito para el centro puntual de fuerzas. También poseen valores infinitos la masa y la carga. La teoría actual no tiene en cuenta dichos valores por considerarlos ficticios y sólo considera aquellas magnitudes que pueden medirse experimentalmente. La hipótesis de la cuantificación del espacio y el tiempo fue lanzada precisamente para eliminar estas dificultades. La energía infinita de la interacción del electrón, al igual que la masa y la carga infinitas, puede ser reducida a valores finitos, próximos a los que pueden ser objeto de observación, si se admite que el espacio lo integran numerosos núcleos elementales, incapaces de descomposición ulterior, cuyas dimensiones son del orden de 10^{-13} cm. En tal caso el cuanto del tiempo será aproximadamente igual a 10^{-24} seg., que equivale al período de propagación de la señal luminosa dentro del "cuanto" de espacio.

La existencia de una longitud elemental de tal orden la admite también la teoría cuántica no lienal del campo, de Heisenberg, aunque en ella el espacio y el tiempo no se consideran directamente discretos. La longitud elemental caracteriza las dimensiones de las partículas elementales y la esfera de las interacciones entre ellas. Se la considera, junto a la constante de Planck, la velocidad de la luz y la carga del electrón, como una de las constantes de mayor importancia en la naturaleza.

Basándose en la idea de la discontinuidad del espacio y el tiempo, una serie de autores sugirió la concepción de

que la materia es finita, tanto en la microestructura como en el cosmos. Según ellos, tampoco es posible la división ilimitada del espacio y el tiempo, por lo que consideran necesario crear una matemática de las cantidades finitas y discontinuas, de concepción totalmente nueva.[2]

Los experimentos actuales no confirman directamente la idea de la existencia de cuantos de espacio y tiempo del orden de 10^{-13} cm. y 10^{-24} seg. capaces de divisiones sucesivas. Por el contrario, descubren la presencia de una estructura compleja en las partículas elementales y la realidad de procesos a escala de 10^{-14} cm. y menos. En la estructura de los núcleos atómicos, las partículas elementales y los campos de interacción se propagan con velocidad finita y en forma de acción próxima, de un punto a otro punto. A la acción próxima en la propagación de las señales la condiciona el cumplimiento del principio de la causalidad y de las leyes de conservación de la materia y de sus propiedades esenciales. Pero ello significa que la existencia de la materia, así como el hecho de que se produzcan determinados cambios, son posibles a cualquier escala espacial—temporal, por pequeña que sea.

La admisión del carácter discreto del espacio y el tiempo significa el reconocimiento de la posibilidad de que en la materia existan elementos finales y carentes de estructura. Pero en párrafos precedentes hemos mostrado a qué contradicciones lleva semejante idea. Cualquier objeto material es inagotable en su estructura, aunque al modificarse las escalas, las propiedades y las leyes de estructuración de la materia tienen también que variar cualitativamente.

Por otro lado, la idea del carácter discreto del tiempo no puede ser fundamentada ni siquiera en un plano lógico. El tiempo, como forma de existencia de la materia, ex-

[2] Véase A. N. Viáltsev, *El espacio-tiempo discreto*, Moscú, Ed. Nauka, 1965.

presa un proceso de devenir, de duración existencial de todos los objetos, una sucesión en sus cambios y en su permanencia en determinada cualidad. Si se admite que el tiempo es absolutamente discontinuo y que consta de "cuantos" indivisibles, habrá que aceptar que la materia tan pronto existe como deja de existir, vuelve a existir, etc. Pero eso se contradice con el principio de que ni se crea ni se destruye. Y el cumplimiento de dicho principio constituye una continuidad en la existencia de la materia, y con ello del tiempo, aunque la duración existencial de los estados cualitativos concretos de la materia puede ser limitada y, por consiguiente, discontinua.

El cuanto del tiempo lo obtienen dividiendo el cuanto del espacio por la velocidad de la luz

$$\tau_0 = \frac{10^{-13}\ \text{cm.}}{3.10^{10}\ \text{cm/ seg.}} \approx 3.10^{-24}\ \text{seg.}$$

Pero al hacer esto suponen que la luz o cualquier otra interacción se propagan en el interior de un volumen indivisible. Como la propagación siempre se realiza con una velocidad finita, el frente de la onda de perturbación dividiría el espacio y el tiempo en intevalos menores. Si se admite la imposibilidad de semejante división, la onda no se propagará. La influencia abarcará inmediatamente todo el volumen mínimo y su velocidad será infinita, lo cual es imposible. Tampoco se obtendrá entonces el valor mínimo del intervalo del tiempo, ya que la señal, al estar dotada de una velocidad infinita abarcará inmediatamente todo el sistema en un intervalo infinitamente pequeño que carece de valor determinado.

Todas estas contradicciones (y podríamos añadir muchísimas más, de lo que nos abstenemos por falta de espacio) muestran que la idea de la existencia de elementos finales de la materia, el espacio y el tiempo, que no per-

miten ulterior subdivisión, no puede ser admitida. Sin embargo, esto no quiere decir que la hipótesis de la cuantificación del espacio y el tiempo y la "longitud elemental" no encierren nada racional. Si se la interpreta con precaución, es posible extraer de ella algunos elementos positivos.

Ya hemos señalado que las partículas elementales poseen una grandísima energía de nexos internos, comparable a la energía de la masa en reposo. A ello deben corresponder, sin duda, nuevas propiedades espacial-temporales, determinadas por los nexos y las interacciones de los cuerpos. Las dificultades con las infinitudes en la teoría de las partículas elementales surgen, en primer lugar, porque al calcular los valores de las propiedades de las partículas se supone veladamente que propiedades como la masa, la carga eléctrica, la facultad de las interacciones gravitatorias, las leyes específicas de conexión d las partículas con el campo de radiación, etc., se extien den hasta las más pequeñas escalas en la estructura de la partículas, es decir, que dicha estructura es cualitativamente uniforme. Sin embargo, no hay base para tales suposiciones, aunque es posible que sean naturales, debido a la tendencia a simplificar la teoría.

Los cambios cuantitativos en el valor de las propiedades tienen que conducir a variaciones cualitativas radicales. Por eso se puede suponer que los elementos de materia que forman las partículas elementales no posean ellos mismos masa gravitatoria, carga eléctrica, momento magnético, espín, etc., sino que tienen otras propiedades completamente distintas y se subordinan cualitativamente a otras leyes. Pueden ser tan diferentes de las partículas elementales, como estas últimas lo son de los cuerpos macroscópicos. Todas las propiedades específicas de las partículas elementales surgen como resultado de interac-

ciones no aditivas entre las propiedades de los elementos de materia que existen en su estructura. Ello puede ser análogo, por ejemplo, a la forma en que las propiedades de los cuerpos macroscópicos —elasticidad, viscosidad, termoconductividad, electroconductividad, fluidez, aptitud para ciertas reacciones químicas, etc.— surgen como resultado de interacciones no aditivas entre los átomos y las partículas elementales que no poseen tales propiedades, pero que se caracterizan, por el contrario, por otras propiedades y leyes.

Con este motivo cabe suponer que lo que puede ser discontinuo o cuantificado es el espacio de acción de numerosas propiedades específicas de las partículas elementales: la carga eléctrica, el momento magnético, la masa gravitatoria, el espín, etc., pero no el espacio como forma de existencia de todas las clases de materia posibles en la estructura de los microobjetos. Dichas propiedades pueden surgir a niveles del orden de 10^{-14} cm., pero no se las puede extrapolar a escalas menores. De modo semejante, a escalas inferiores pierden fuerza otras muchas leyes de interacción de las partículas elementales y se limita la esfera de aplicación de las teorías actuales.

Idénticamente puede ser cuantificado el tiempo de variación de las partículas elementales, como fenómenos integrales, pero no el tiempo de todos aquellos procesos que, siendo posibles en su estructura, transcurren a escalas menores. La "longitud elemental" puede constituir precisamente, en la teoría de las micropartículas, el límite inferior de medida en la existencia de numerosas propiedades de los cuerpos macroscópicos y las micropartículas, después del cual comienza un inagotable mundo de propiedades totalmente distintas. A ello se debe precisamente el que en la actualidad se espere la aparición en la física de una teoría nueva y singular que se aparte de las ideas

corrientes y logre explicar de diferente manera los hechos aislados del campo del micromundo. La infinitud real de la naturaleza incluye una sucesión ilimitada de niveles de estructuración de la materia y de las leyes específicas correspondientes. Pero dentro de la diversidad de la naturaleza, en ella existe también la unidad.

Dialéctica de la unidad y la diversidad en las leyes del movimiento de la materia

En el mundo material existen tres grupos de leyes: 1) universales; 2) generales para un número suficientemente grande de fenómenos; 3) parciales o específicas. De las primeras forman parte los principios dialécticos únicos de la existencia, que se manifiestan en todos los fenómenos de la naturaleza y la sociedad: la ley de la causalidad, de la unidad y la lucha de los contrarios, de la transición recíproca de los cambios cuantitativos y cualitativos, de la interacción de la esencia y el fenómeno, de la posibilidad y la realidad, de la forma y el contenido, etc. Estas leyes se estudian dentro del marco del materialismo dialéctico, aunque las ciencias parciales aportan una determinada contribución para su comprensión, al descubrir las forma de su manifestación en las distintas esferas de la realida

El segundo grupo lo integran algunas leyes muy gen rales de las ciencias naturales: la ley de la conservación de la energía, la masa y la carga eléctrica, la ley de la selección natural en biología, de la unidad del organismo y de sus condiciones de existencia, la ley de la correspondencia entre las fuerzas productivas y las relaciones de producción, etc. A las mencionadas leyes se subordinan numerosos objetos y fenómenos en la correspondiente rama de la realidad, y algunas de ellas, como, por ejemplo, ciertas leyes de la conservación, se manifiestan a todos los niveles conocidos de estructuración de la materia. Pero, sin embargo, no tienen carácter tan general como las del primer grupo, que actúan en la naturaleza, la sociedad y el desarrollo del conocimiento, es decir, en todos los fenómenos.

Pertenecen, en fin, al tercer grupo las leyes de las

formas especiales de materia, de fenómenos no muy extendidos, las leyes de variación de estados concretos de los objetos o de determinados grados de desarrollo de los sistemas materiales. Cada rama de las ciencias naturales y la técnica descubre numerosas leyes de este tipo. Su esfera de acción está limitada al espacio y al tiempo, como les sucede también a muchas leyes del segundo grupo. Eternas en el tiempo y de carácter general son únicamente las leyes del primer grupo, las cuales constituyen los únicos principios universales de toda existencia. A medida que se desarrollan la filosofía materialista dialéctica y las ciencias específicas, se descubren nuevas leyes generales y se profundiza la comprensión de las leyes ya conocidas.

La ciencia ha tratado de descubrir, a lo largo de todos los tiempos, las leyes generales y únicas. Su conocimiento habría permitido explicar, desde un punto de vista único, todos los fenómenos. Muchos filósofos pensaban que en tal caso la naturaleza dejaría de encerrar secreto alguno. Sería posible descubrir todos sus aspectos y procesos, partiendo de un pensamiento lógico consecuente, basado en principios universales iniciales.

Durante el período de los siglos XVII al XIX se consideraba como tales leyes las ecuaciones de la mecánica newtoniana, las cuales abarcaban todos los fenómenos y escalas. Después se trató también de incluir en ellas las leyes del campo electromagnético, de la termodinámica, la teoría del átomo, la química, la biología, etc. La conexión causal de los fenómenos en desarrollo se limitaba a la determinación pura y simple de los hechos futuros, basándose en los pasados. Se consideraba que cada uno de los estados concretos de cualquier sistema material incluye en forma potencial las posibilidades de sus estados futuros. El pasado había de determinar o prefijar unila-

teramente el futuro. Si hubiera sido posible establecer exactamente las coordenadas y los impulsos de todas las micropartículas que integraban el cuerpo y también de todos los cuerpos macroscópicos del Universo, descubrir las fuerzas que actuaban sobre ellos, establecer para cada cuerpo y partícula la correspondiente ecuación del movimiento y después sumar el resultado de todas las ecuaciones, habría sido posible calcular cualquier estado futuro y también describir el desarrollo del sistema en el pasado. Semejante punto de vista fue el de Hobbes, Laplace y otra serie de científicos. Se le dio el nombre de determinismo mecánico.

Según esta concepción todas las leyes de la naturaleza se reducen a leyes mecánicas, que determinan de forma monovalente el desarrollo de los acontecimientos. No se reconoce la probabilidad y la casualidad en la naturaleza, las cuales son consideradas resultado de la insuficiencia en nuestro conocimiento de las causas de los fenómenos. El conocimiento de todas las causas elimina, al parecer, la casualidad y confiere a la probabilidad de la predicción el carácter de total autenticidad. El fracaso en los intentos de reducir las leyes de la probabilidad de la ciencia de la física estadística a leyes mecánicas lo considera consecuencia de dificultades puramente teóricas, de la imposibilidad de tener en cuenta la enorme cantidad de interacciones. Pero como cuestión de principio, semejante reducción es posible, ya que la base de todas las leyes estadísticas la constituyen las leyes dinámicas.

El desarrollo de la filosofía materialista dialéctica y de la física cuántica ha puesto de manifiesto que todas estas ideas son excesivamente simplistas. En realidad, las leyes de la probabilidad estadística no se pueden reducir a leyes dinámicas determinadas de forma monovalente, en primer lugar, porque cualquier sistema existente tiene

carácter abierto y posee innumerables nexos externos. En segundo lugar, la materia es inagotable en su estructura, y la pluralidad de sus posibles estados internos es infinita. Estos innumerables nexos internos y externos de los sistemas son los que determinan la imposibilidad de reducir a leyes dinámicas las de la probabilidad. Hay que tener en cuenta, además, el hecho básico de que en el desarrollo de la materia los cambios cuantitativos se transforman en cualitativos, y que los nexos y las influencias de los cuerpos no son aditivos. Se produce también la transición de unas formas de materia y de movimiento a otras cualitativamente distintas. Por eso, en el desarrollo surgen constantemente nuevas posibilidades que no existían en los estados precedentes. Pero no todas ellas se convierten en realidades. Debido a la presencia de factores opuestos, de las múltiples posibilidades del sistema sólo se realizan algunas, mientras que las restantes desaparecen con el tiempo. La relación entre las posibilidades realizadas y la totalidad de las existencias en los estados precedentes es la que refleja la probabilidad objetiva de que aparezca un fenómeno. Si, por ejemplo, en el sistema había 10 posibilidades y se realizó una, la probabilidad objetiva será de 0.1. La presencia en la naturaleza y en la sociedad de muchas posibilidades que no se llevan al cabo condiciona también el carácter objetivo de las leyes estadísticas y la imposibilidad de reducirlas a leyes dinámicas.

En realidad, las ecuaciones de la teoría cuántica son de probabilidad estadística, y debido a las causas mencionadas anteriormente no se puede esperar reducirlas a leyes dinámicas. También hay leyes de probabilidad en biología, a las cuales están subordinadas, por ejemplo, las relaciones concurrentes entre las especies y la lucha por la existencia, la herencia por parte del organismo de

los rasgos de sus antepasados, etc. Existen también numerosas leyes de probabilidad en la sociedad, en la producción (los transportes y el comercio), en las relaciones políticas, etc. Cuanto más compleja es la forma del movimiento y mayor el número de propiedades del sistema integral que se diferencian de la suma de propiedades de los elementos que lo constituyen, mayor será el grado de manifestación de las leyes de la probabilidad.

La investigación de la naturaleza pone constantemente al descubierto nuevas facetas de la diversidad cualitativa de los fenómenos de la naturaleza y la imposibilidad de reducir unos a otros. Esta diferencia entre los grandes se manifiesta tanto en la estructura de la materia, como en su desarrollo. De modo semejante a como las leyes del micromundo no se pueden reducir a las de los procesos macroscópicos, tampoco las correspondientes a las formas de movimiento biológico y social pueden reducirse a las leyes de la física y a los proceso que tienen lugar en la naturaleza inerte.

Y sin embargo, en cada etapa de desarrollo de la ciencia existe una vehemente tendencia a descubrir leyes de la naturaleza únicas y universales, que abarquen todos los fenómenos. Semejante aspiración posee ciertas bases objetivas. El descubrimiento de lo general en el mundo ha representado para el saber, un avance mucho mayor que el conocimiento de cualquier fenómeno parcial. El conocimiento de lo general amplía la base de los descubrimientos ulteriores. De hecho, sólo podremos descubrir y comprender una incógnita cualquiera si somos capaces de establecer su concatenación interna con lo previamente conocido, una vez logrado lo cual se extiende el círculo de fenómenos conocidos. Las leyes únicas, que poseen un amplio grado de generalidad, son precisamente las que hacen de puente que permite que el conocimiento pase de

lo conocido a lo desconocido. Por eso, la búsqueda de leyes únicas tiene enorme importancia no sólo para comprender las propiedades de la naturaleza como tal, sino también para desarrollar la teoría cognoscitiva y el método científico de investigación.

Pero se ha de tener en cuenta que sólo se pueden establecer leyes cuantitativas únicas si los fenómenos son también cualitativamente únicos, ya que la cantidad no existe más que en conexión con determinada cualidad. La comunidad cualitativa de los cuerpos tiene lugar dentro del marco de determinados niveles estructurales, por ejemplo, al nivel de las partículas elementales y los núcleos atómicos, de los átomos y las moléculas, de los cuerpos macroscópicos. A niveles concretos semejantes sí es posible descubrir leyes únicas del movimiento. Así, por ejemplo, se puede llegar a crear una teoría única de las partículas elementales y los campos, y una teoría única de las interacciones químicas, basada en las leyes de la mecánica cuántica. En principio es factible la creación de una teoría única de desarrollo de las estrellas, así como de los procesos vitales.

Hay que señalar también una forma tan importante de descubrir la unidad en la naturaleza como es la que se manifiesta en el llamado principio de correspondencia en la física actual. Este principio refleja la existencia de una conexión sucesiva en el desarrollo de las teorías físicas. Si la base de una teoría se ha visto confirmada en la práctica y ha encontrado numerosas aplicaciones técnicas, no será refutada cada vez que surja otra más general, sino que únicamente verá limitada la esfera de su aplicación. Las ecuaciones de la nueva teoría pueden incluir en forma de casos particulares las de la teoría precedente y transformarse en ellas para ciertos valores de los parámetros. Entre la teoría nueva y la vieja y su apa-

rato matemático existe una determinada relación y una concatenación interna lógica. Así ha sucedido con la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad, que no han anulado la mecánica clásica, la termodinámica, la óptica y la teoría electromagnética, sino que se han limitado a mostrar lo erróneo de ciertas tesis metafísicas de las mencionadas ciencias, debidas al esquema mecánico general del mundo y al carácter absoluto que se quería conferir a las propiedades y leyes de movimiento de la materia, conocidas en aquella época. También han puesto de manifiesto los límites de aplicación de las teorías "clásicas". Pero estas últimas conservan hoy día su valor objetivo en la explicación de los procesos macroscópicos o de los movimientos a velocidades muy inferiores a la de la luz. Las ecuaciones de la mecánica cuántica y de la teoría de la relatividad se transforman en las de la mecánica clásica cuando las velocidades de movimiento de las partículas son reducidas, cuando se ignora el carácter de las acciones en el micromundo y no se tienen en cuenta la unidad de las propiedades corpusculares y ondulatorias.

El control del principio de la correspondencia tiene una gran importancia heurística para la creación de teorías nuevas. Una nueva teoría sólo puede considerarse lo suficientemente veraz (hasta verse confirmada por la práctica) si las ecuaciones formuladas por ella se transforman en un caso límite en ecuaciones de los fenómenos investigados, con los que deben estar relacionados los objetos a que se refiere la nueva teoría. Si no existe semejante transición, si todas las leyes conocidas forman un grupo aparte y no sólo no se desprenden de los principios en que se basa la nueva teoría, sino que incluso la contradicen, surgirá la duda sobre su veracidad. Será necesario continuar buscando nuevas variantes de la teoría, que permitan establecer dicha correspondencia.

La aplicación del principio de la correspondencia conduce al descubrimiento de leyes de mayor grado de comunidad, y con ello al descubrimiento de las formas de la unidad del mundo y de la interdependencia de los fenómenos. Por ejemplo, los procesos del micromundo condicionan todos los fenómenos macroscópicos y formas de movimiento a escalas cósmicas, y dependen a su vez de ellos.

Sin embargo, de lo expuesto no se debe llegar a la conclusión de que la ciencia ha de desarrollarse siempre a través del descubrimiento de leyes cuantitativas con un grado cada vez mayor de comunidad, hasta llegar finalmente a una ecuación que explique el mundo en su totalidad y encierre en forma de soluciones particulares propias a todas las demás ecuaciones y leyes. La unidad del mundo no significa la uniformidad y homogeneidad de su estructura. Por el contrario, presupone la diversidad cualitativa de los fenómenos de la naturaleza y la inagotabilidad estructural de la materia. Ello se debe a la acción del principio universal de la transición de los cambios cuantitativos en cualitativos, según el cual las variaciones cuantitativas de los estados y propiedades de los cuerpos en una etapa determinada implican indefectiblemente cambios cualitativos radicales, así como la transición a nuevos niveles estructurales, en los que los objetos poseen propiedades cualitativamente diferentes y se subordinan a leyes específicas distintas. Por eso, la infinitud real de la naturaleza es estructuralmente heterogénea e incluye una gran diversidad de niveles de organización estructural de la materia y de límites de medidas correspondientes a ellos, los cuales caracterizan los términos de acción de las leyes cuantitativas concretas y de las propiedades particulares de los cuerpos.

A este respecto es necesario concretar la idea sobre la unidad del mundo. Antiguamente la unidad del mundo

se reducía con frecuencia a su uniformidad, a la homogeneidad de su estructura y a la subordinación de todos los objetos a las mismas leyes. Cada fenómeno era considerado como un eslabón esencial que formaba parte de una gigantesca cadena que enlazaba todos los procesos según una ley única. En el mundo nada sucede de forma casual, sino que, por el contrario, todo constituye una forma de manifestación de la necesidad universal. Semejante modelo de unidad del mundo puede denominarse *funcional*. A cada fenómeno le corresponde en ella un lugar determinado, que debe considerarse como una pieza de una gigantesca máquina que funciona de acuerdo con leyes cualitativas únicas. En el esquema mecánico del mundo, el papel de semejantes leyes lo desempeñaban los principios de la mecánica clásica.

En la actualidad sabemos que semejante modelo de la unidad del mundo es excesivamente simplista. Los procesos biológicos y sociales no se rigen por las leyes de la mecánica, sino que se desarrollan según leyes propias. Las propiedades de los organismos vivos y de los sistemas sociales tampoco se pueden adaptar a las de los cuerpos inorgánicos. También se descubren diferencias entre los fenómenos del micromundo y los procesos macroscópicos, así como en las leyes de su variación. La ciencia descubre cada vez en mayor grado el carácter multicolor y la heterogeneidad estructural del mundo.

Por eso, en la ciencia actual adquiere cada vez más importancia la parte no visual de su contenido, para el cual no han sido creadas imágenes sensibles.

Con este motivo se ha modificado el concepto de explicación científica de los hechos y leyes nuevamente descubiertos. Antes, explicar algo significaba hacer comprensible lo que no lo era, expresándolo mediante imágenes capaces de ser captadas por los órganos sensoriales. En

la teoría actual se da con frecuencia el caso contrario, cuando lo que no está claro se explica basándose en cosas menos comprensibles, que carecen de analogía en imágenes sensibles, ya que desde el punto de vista de la teoría actual explicar cualquier ley o propiedad de los objetos significa deducirlo como consecuencia particular de una ley o principio más general, que, sin embargo, también puede no tener carácter visual. Pero en el proceso de la generalización cuantitativa consecuente de las leyes existen límites objetivos, que dependen de la heterogeneidad estructural de la materia, y de la diferencia cualitativa de las formas de movimiento. Por tanto, no puede existir una ley única para los procesos cuánticos y los fenómenos sociales o para las particularidades que manifiesta la personalidad en su desarrollo. Estos fenómenos corresponden a niveles estructurales y formas de movimiento distintos, aunque se hallan ligados entre sí. Debido a ello no se puede considerar acertado el modelo funcional de unidad del mundo.

En comparación con él, el modelo *material* posee un grado mucho mayor de comunidad. Desde semejante punto de vista, aunque las leyes de movimiento de los sistemas en el mundo son diferentes, su estructura y composición pueden ser generales. Todos los sistemas cósmicos, los cuerpos macroscópicos y los organismos vivos conocidos constan de las mismas partículas elementales y los mismos campos. Estas ideas no contradicen hasta ahora ninguno de los hechos conocidos. Sin embargo, sería equivocado darles un valor absoluto y elevarles al rango de teoría filosófica del mundo, ya que eso constituiría el mismo error que se cometía al identificar el concepto de materia como categoría filosófica con una forma determinada de materia, por ejemplo, con la sustancia o con los átomos indivisibles. Como resultado de la mencionada ley del paso

de los cambios cuantitativos a cualitativos y de la heterogeneidad estructural del mundo, podemos suponer que las partículas elementales y los campos que conoce la ciencia actual no agotan todas las formas de materia existentes en el mundo, y que en la naturaleza hay objetos que no se parecen en nada a dichas partículas y campos. Pero, no obstante, todos ellos poseerán objetividad, capacidad de interacción y de movimiento, estructuralidad, propiedades espaciales y temporales, tendencia a agruparse en sistemas de diferente orden, así como una automultiplicación regular. Todos estarán subordinados a la ley de la conservación de la materia y el movimiento, de la causalidad, de la unidad y la interconexión de las contraposiciones de la mutua transición de los cambios cuantitativos y cualitativos y también a otra serie de leye dialécticas que caracterizan toda existencia material. Pc eso, desde el punto de vista de los principios filosófic del materialismo dialéctico, podemos proponer el modelc *atributivo* de unidad del mundo, el cual admite la heterogeneidad estructural de la naturaleza, la variedad e inagotabilidad de las especies de materia y de las leyes de su movimiento, pero que al mismo tiempo descubre las propiedades universales y las leyes de movimiento de la materia. Semejante modelo tiene el valor de concepción filosófica del mundo. Eso significa que en principio la teoría única de la materia es posible e incluso necesaria, pero sólo como concepción filosófica que se basa en los principios del materialismo dialéctico. Es evidente que todos estos principios son resultado de la generalización de los éxitos conseguidos por las ciencias naturales y sociales y por toda la práctica de la humanidad en la producción de bienes materiales. Pero las leyes de la dialéctica no constituyen una serie de ecuaciones funcionales, ya que no están limitadas a determinadas condiciones de

acción, a parámetros y constantes concretos y a una forma cuantitativa. Su esfera de aplicación es universal y por eso en lo fundamental sólo pueden ser formuladas de una forma cualitativa general. Ello, sin embargo, no reduce su extraordinaria importancia ni su eficaz papel creador en el conocimiento del mundo.

Es decir, vemos que la materia es única en cuanto a su esencia, ya que es universal y absoluta y constituye la base de todos los fenómenos. Pero al mismo tiempo, es heterogénea, cualitativamente inagotable e infinita. La investigación de esta unidad de contrarios de la dialéctica de la unidad y de la diversidad, constituye el problema filosófico esencial de la física y de otras ciencias.

BIBLIOGRAFIA

F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, ed. esp. Ed. Grijalbo, México, 1961.

V. I. Lenin, *Materialismo y empiriocriticismo*, ed. esp. Ed. Pueblos Unidos, Montevideo, 1959.

V. P. Branskii, *Importancia filosófica del "problema de la visualidad" en la física actual*, Ed. de la Universidad de Leningrado, 1962.

J. M. Fataliev, *El materialismo dialéctico y los problemas de las ciencias naturales*, Moscú, Ed. Soviètskaia Naùka, 1958.

V. S. Gott, *Simetría y asimetría*, Moscú, Ed. Znanie, 1965.

V. S. Gott, *El espacio y el tiempo del micromundo*, Moscú, Ed. Znanie, 1964.

B. M. Kèdrov, *El objeto y la interrelación de las ciencias naturales*, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1962

E. Y. Kolman, *Lenin y la física contemporánea*, ed. esp. Ed. Pueblos Unidos, Montevideo, 1962.

I. V. Kuznetsov, *El principio de la correspondencia entre la física actual y su importancia filosófica*, Moscú, Gostejizdat, 1948.

B. G. Kuznetsov, *Evolución del esquema del mundo*, Moscú, Ed. A. de C. de la U.R.S.S., 1961

S. T. Meliujin, *El problema de lo finito y lo infinito*, Moscú, Goszpolizdat, 1958

M. V. Mostepanenko, *La esencia materialista de la teoría de la relatividad*, Moscú, Sotsekguiz, 1962.

M. E. Omelianovski, *Problemas filosóficos de la mecánica cuántica*, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1956.

N. F. Ovchínnikov, *Los conceptos de masa y energía en su desarrollo histórico, y en su importancia filosófica*, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1957.

Problemas filosóficos de la física actual, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1959.

Problemas filosóficos de la física de las partículas elementales, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1964.

Problemas filosóficos de la teoría de la gravitación de Einstein y de la cosmogonía relativista, Kìev, Ed. Naùkova dumka, 1964.

H. Reichenbach, *La dirección del tiempo*, Moscú, I. L., 1962.

Y. V. Sachkov, *Acerca de la interpretación materialista de la mecánica cuántica*, Moscú, Gospolitizdat, 1959.

R. Y. Shteinman, *El espacio y el tiempo*, Ed. Fizmatguiz, 1962.

G. A. Svèchnikov, *La categoría de la causalidad en física*, Moscú, Sotsekguiz, 1961.

G. A. Svèchnikov, *La infinitud (inagotabilidad) de la materia*, Moscú, Ed. "Znanie", 1965

V. I. Sviderskii, *El espacio y el tiempo*, Moscú, Gospolitizdat, 1958.

D. Witrov, *La filosofía natural y el tiempo*, Moscú, Ed. Progress, 1964.

Y. B. Zeldòvich, "La física actual y la astronomía", *Cuestiones de cosmogonía*, t. IX, Moscú, Ed. de la A. de C. de la U.R.S.S., 1963.

II

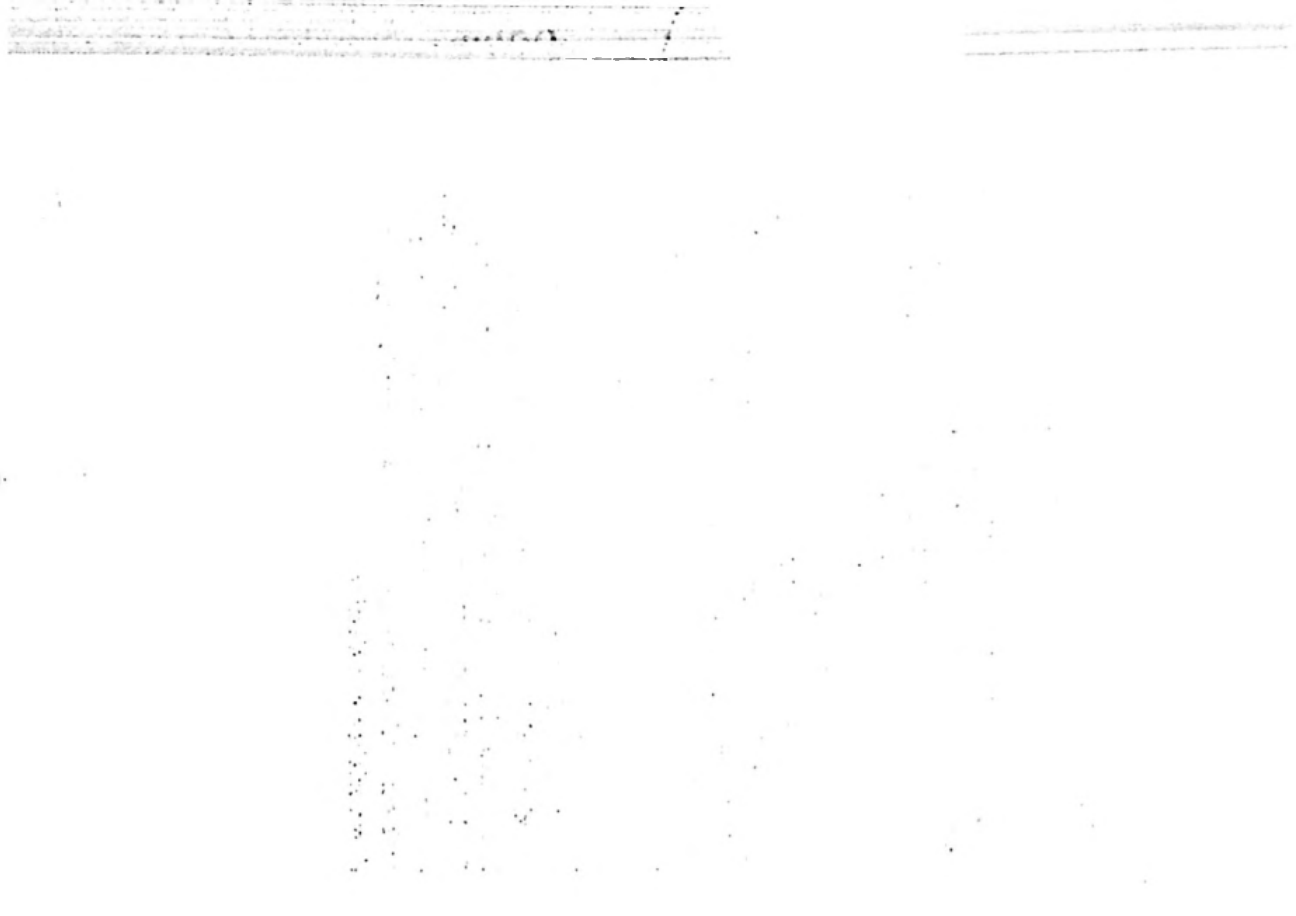
M. Omelianovski

EL MATERIALISMO DIALECTICO EN LA FISICA CONTEMPORANEA

La fuente filosófica de la física contemporánea

La física contemporánea, con sus grandiosas aplicaciones técnicas y, ante todo, con la utilización industrial de la energía atómica, ha surgido y se ha confirmado en la vía principal del desarrollo histórico de las ciencias naturales. No es simple continuación de la antigua física clásica, sino un producto de la revolución industrial del siglo XX, que ha determinado el progreso tan gigantesco conseguido en el conocimiento de la naturaleza. Los descubrimientos de la física contemporánea han transformado los conceptos y principios básicos que parecían constituir el fundamento eterno de las ciencias naturales y han dado lugar a un cambio radical en su estructura, lo que ha revolucionado el pensamiento teórico de los naturalistas.

La fuente filosófica de desarrollo de la física contemporánea y de las ciencias naturales en su conjunto es el materialismo dialéctico. El carácter creador de la teoría marxista-leninista y de su elemento integrante, el materialismo dialéctico, lo refleja claramente el Programa del P. C. de la U.R.S.S. En él se subraya la gran importancia que en nuestra época tienen las investigaciones sobre los problemas filosóficos de las ciencias naturales, basadas en el materialismo dialéctico.



La nueva física

La nueva física, cuya primera piedra es el descubrimiento, a fines del siglo XIX, de la radiactividad y la compleja estructura de los átomos, ha acabado con el sistema de conceptos y principios inconmovibles de las viejas ciencias naturales. El primer paso en este proceso correspondió a los descubrimientos e ideas relacionadas con la investigación de los fenómenos eléctricos y magnéticos (la teoría del electromagnetismo, que a partir de Maxwell continuó desarrollándose en los trabajos de Lorentz, y especialmente de Einstein). El segundo paso lo constituyeron los descubrimientos e ideas referentes a la estructura de la sustancia y del campo, los cuales han dado lugar a la creación de la mecánica cuántica y de la teoría cuántica del campo.

La nueva física modificó el planteamiento de problemas filosóficos tan tradicionales como espacio y tiempo, realidad, materia, causalidad, etc. Se ocupó también de problemas tan importantes como los relativos a la teoría del conocimiento y a la lógica. Sólo el materialismo dialéctico fue capaz de resolver las cuestiones filosóficas que se le planteaban a la nueva física, de acuerdo con su espíritu revolucionario, como lo demostró de forma convincente V. I. Lenin en *Materialismo y empiriocriticismo,* cuando la nueva física se hallaba aún en la cuna. Como resultado de su análisis efectuado de la "novísima revolución en las ciencias naturales", Lenin llegó a la conclusión, muy conocida actualmente, de que "la física

contemporánea está alumbrando. Da a luz el materialismo dialéctico".

Entre los descubrimientos fundamentales de la física contemporánea, de importancia filosófica trascendental, pueden señalarse los siguientes: 1) la luz (o más exactamente, el campo), junto a propiedades ondulatorias, posee propiedades corpusculares, y las partículas de sustancia tienen al mismo tiempo propiedades corpusculares y ondulatorias; 2) el espacio y el tiempo se hallan íntimamente ligados; 3) el átomo constituye un sistema integrado por un núcleo con carga positiva y electrones negativos, que se mueven según leyes cuánticas; 4) existen numerosas clases de partículas elementales (electrones, protones, neutrones, neutrinos, etc.), con propiedades que desconocía la física clásica; 5) las partículas elementales poseen una estructura específica y son capaces de transformarse unas en otras; existen en forma de partículas y de una especie de antípoda suyo, las antipartículas; las partículas y las antipartículas, al chocar y desaparecer, crean otras partículas, y viceversa; por ejemplo, el electrón y el positrón se transforman en un cuanto de rayos (gama), y el cuanto (gama) crea un electrón y un positrón.

Estos hechos no se acomodan en el esquema de la física clásica. ¿Cómo es posible que las partículas elementales se transformen unas en otras, si durante siglos se consideró que toda la variedad y todos los cambios del mundo los determinaban la unión y la separación de partículas invariables? ¿No es absurda la combinación de ondas continuas y partículas discontinuas? ¿Cómo se puede comprender la transformación de partículas inertes de sustancia en luz, que se propaga con una velocidad colosal, y de luz en sustancia? ¿Qué significa la unión del espacio y el tiempo en un todo único?

Los insólitos descubrimientos de la nueva física sig-

nifican, en lo que a su esencia filosófica se refiere, que la naturaleza que maneja el físico es inconmensurablemente mucho más compleja y rica que la que se le ofrece en la experiencia cotidiana. Los mundos atómico y subatómico, así como el de las escalas cósmicas, se diferencian profundamente del mundo macroscópico corriente, pero, al mismo tiempo, se hallan ligados a él a través de numerosas transiciones. Con sus descubrimientos y teorías la nueva física ha subrayado la necesidad de reflejar la conexión viva y multilateral de los fenómenos de la naturaleza en conceptos que, según expresión de Lenin, deben ser "flexibles, móviles, relativos, y estar intervinculados y unidos en los contrarios para abarcar el mundo".

La física clásica surgió de la experiencia, y sus conceptos y principios reflejan las leyes de los fenómenos macroscópicos y del movimiento de los cuerpos a una velocidad relativamente pequeña en comparación con la de la luz. Pero la base experimental que ha dado lugar a la física contemporánea es incomparablemente más amplia; abarca los fenómenos electromagnéticos más delicados, los mundos atómico y subatómico y las esferas de las gigantescas escalas cósmicas. Por eso, era necesario transformar los conceptos y principios físicos, basados en las investigaciones del mundo macroscópico y los fenómenos cotidianos, al objeto de reflejar esferas más amplias y profundas de los fenómenos de la naturaleza, que la física clásica ignoraba y que no era capaz de encuadrar en sus ideas y principios.

El descubrimiento de la variabilidad y la capacidad de mutua transformación de todas las realidades físicas, incluyendo las partículas elementales, de los nexos internos entre las características espaciales y temporales de los objetos, de la unidad entre las propiedades corpusculares

y ondulatorias opuestas de la materia, así como entre las partículas de la sustancia y del campo; la modificación de los conceptos y principios básicos para adaptarlos a esferas cualitativamente distintas de fenómenos de la naturaleza; la unificación de teorías no sólo diferentes, sino incluso contrapuestas en otras sintéticas y más profundas, etc., reflejan algunas de las particularidades que manifiesta la física contemporánea en su desarrollo. Significan que la física se dirige hacia el materialismo dialéctico como única filosofía verdadera de las ciencias naturales, independientemente de las concepciones y las simpatías de tal o cual científico.

Es digno de resaltar que el procedimiento dialéctico para resolver los problemas físicos se manifestó a su modo en los científicos que crearon la física contemporánea, pero que debido a una serie de causas extracientíficas no se apoyaron conscientemente en el materialismo dialéctico. En este sentido es característica la observación de Max Planck sobre las hipótesis corpuscular y ondulatoria de la luz, las cuales "se enfrentan como dos luchadores de igual fuerza... Es difícil predecir el resultado de semejante pugna, pero lo más probable es que ninguna de las dos hipótesis triunfe definitivamente: desde un punto de vista más elevado, se pondrán de manifiesto tanto los aspectos positivos como las limitaciones de cada una de ellas".

Niels Bohr, en su discusión con Einstein acerca de los problemas de la teoría del conocimiento en la física atómica, escribía sobre las "profundas verdades" encerradas en tales afirmaciones, y que las "opuestas a ellas contenían también una profunda verdad". Estas "profundas verdades" de Bohr constituyen de hecho las tesis cuyo contenido descubre la dialéctica.

Semejantes manifestaciones abundan en los trabajos

de A. Einstein, W. Heisenberg, W. Pauli, M. Born y otros científicos eminentes; todas ellas confirman a su modo que el procedimiento dialéctico de conocimiento de los fenómenos de la naturaleza es propio de la física contemporánea.

A veces surge la pregunta: ¿Cómo el materialismo dialéctico, creado en el siglo XIX, en la época del vapor, puede corresponder a las ciencias naturales actuales, que se desarrollan en la época en que estamos adueñándonos del mundo atómico y conquistando el espacio cósmico? La respuesta hay que buscarla en la esencia del materialismo dialéctico, como filosofía capaz de desarrollarse, y en el propio carácter del progreso de las ciencias naturales.

Los hechos acumulados por las ciencias naturales exigen una ordenación y generalización sistemáticas, lo cual no puede llevarse al cabo sin recurrir al pensamiento teórico y utilizar sus leyes, cuestiones ambas que pertenecen al campo de la filosofía. Su desarrollo milenario se vio coronado con la creación del materialismo dialéctico, el cual niega la filosofía como ciencia situada por encima de las demás ciencias, es decir, como sistema filosófico absolutamente total. Por su propia naturaleza, el materialismo dialéctico no constituye una filosofía anquilosada, separada de las restantes ciencias. Cada gran descubrimiento en el campo de la sociología y de las ciencias naturales le mueve a perfeccionar su forma y a enriquecer su contenido. El carácter creador del materialismo dialéctico, que excluye el enfoque unilateral y dogmático en el conocimiento del mundo material, es lo que hace que corresponda por completo a las ciencias naturales contemporáneas.

Al mismo tiempo, las transformaciones profundamente revolucionarias y el continuo progreso experimentados por las ciencias naturales contemporáneas, sus tendencias

hacia la síntesis y su importancia cada vez mayor en la vida de la sociedad, las ligan necesariamente al materialismo y la dialéctica.

El materialismo dialéctico y la teoría de la relatividad

El materialismo dialéctico descubrió el sentido filosófico de las tesis de la teoría de la relatividad sobre el espacio y el tiempo. Antes de que surgiera esta teoría, las concepciones espaciales y temporales de la mecánica clásica eran consideradas como verdades inconmovibles. La teoría de la relatividad terminó con semejante visión metafísica y abrió la senda hacia un conocimiento más profundo del espacio y el tiempo como formas fundamentales de existencia de la materia.

Desde el punto de vista de la mecánica clásica, el espacio y el tiempo no se hallan internamente ligados entre sí y con la materia. En la teoría clásica, por ejemplo, las coordenadas de un cuerpo caracterizan su relación con respecto a un determinado sistema de medición (la relatividad de la posición del cuerpo), pero el tiempo carece de este carácter relativo (la simultaneidad de dos acontecimientos, los intervalos temporales y también la longitud son independientes de los sistemas de medición, y en este sentido son absolutos).

La teoría de la relatividad descubrió el limitado carácter de semejante concepción del espacio y el tiempo, la cual corresponde a la experiencia macroscópica cotidiana. Estableció una unidad entre el espacio y el tiempo, que conserva, sin embargo, las diferencias existentes entre ellos. La inseparabilidad del espacio-tiempo se halla reflejada en el aparato matemático de la teoría de la relatividad; en él figuran sectores y tensores cuatridimensio-

nales del espacio-tiempo (a través de ellos se relacionan las diferentes magnitudes físicas). Por ejemplo, los campos eléctrico y magnético forman parte del tensor cuatridimensional del campo electromagnético. Otro ejemplo de magnitud cuatridimensional es el intervalo, que constituye una conexión específica de la distancia espacial y la duración temporal. En la teoría de la relatividad son precisamente estas relaciones y propiedades espaciales-temporales las que aparecen como independientes de los sistemas de medición; figuran en ella como entidades en cierto modo absolutas, a semejanza de las longitudes y la simultaneidad en la mecánica clásica.

La relación orgánica entre el espacio y el tiempo, descubierta por la teoría de la relatividad, dio lugar a conclusiones, insólitas desde el punto de vista de la mecánica clásica, sobre la relatividad de las longitudes y el tiempo, sobre la "reducción" de la longitud y el "retraso" del tiempo en los movimientos rápidos, sobre la interconexión de la masa y la energía, etc. Por paradójicas que puedan parecer tales conclusiones, la práctica las confirma, la técnica atómica hace uso de ellas y forman parte integrante de manuales de física de la enseñanza media.

Por consiguiente, la teoría de la relatividad constituye actualmente uno de los fundamentos del materialismo dialéctico en las ciencias naturales. Además, de los puntos mencionados, en la teoría de la relatividad se perfila claramente la tesis dialéctica de que lo relativo encierra lo absoluto, es decir, que ambas categorías se hallan íntimamente ligadas. Por eso, en vano atribuyen los positivistas actuales a la teoría de la relatividad la afirmación de que demuestra la "pura relatividad" de todo el mundo. Hay que señalar que en cierto grado el motivo de semejantes apreciaciones se debe a ciertas manifestaciones y formulaciones del propio Einstein. El creador de la teo-

ría de la relatividad estuvo durante algún tiempo bajo la influencia de Mach, pero incluso en aquella época a Einstein le atrajeron no tanto el relativismo filosófico y el subjetivismo, como la actitud crítica hacia los físicos dogmáticos. Posteriormente, el propio Einstein calificó a Mach de "pobre filósofo" y se apartó del positivismo.

Einstein continuó desarrollando la teoría de la relatividad y pasó de la teoría del espacio y el tiempo (teoría particular de la relatividad) a una nueva teoría de la gravitación, a la que denominó teoría general de la relatividad. En ella están vinculados orgánicamente la variedad cuatridimensional espacial-temporal y el campo gravitatorio. Su contenido científico muestra que en lo referente a sus propiedades y relaciones, el espacio y el tiempo objetivamente real es mucho más rico no sólo que lo que consideraba la mecánica clásica, sino también la teoría particular de la relatividad. La teoría general de la relatividad resolvió la cuestión de la geometría del espacio realmente objetivo, planteada por vez primera por el eminente científico ruso N. I. Lobachevski: el espacio tiene en su conjunto carácter no euclidiano y posee la llamada curvatura. En ausencia del campo gravitatorio, las propiedades del espacio corresponden a las que le confiere la geometría euclidiana, pero la presencia de dicho campo les da un carácter mucho más complejo (de su investigación se ocupa la geometría no euclidiana). Por consiguiente, en lo que respecta a su contenido filosófico, la teoría general de la relatividad, la idea de la unidad espacio-tiempo y gravitación, que constituyen su núcleo, refleja en el idioma de los conceptos específicos la tesis del materialismo dialéctico de que sin materia el espacio y el tiempo no son nada más que abstracciones que existen únicamente en nuestra imaginación.

El materialismo dialéctico permite resolver con acier-

to las cuestiones filosóficas que plantea la teoría de la relatividad; es más, permite "comprender e interpretar sin equivocarse" los nuevos puntos de vista sobre el espacio, el tiempo y la gravitación. Estas palabras pertenecen al físico soviético y miembro de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S. V. A. Fock, el cual desarrolla respecto a esta teoría un nuevo punto de vista, que si bien coincide en muchos aspectos con las ideas de Einstein, se diferencia de ellas en algunos rasgos fundamentales.

Según V. A. Fock, la teoría denominada por Einstein teoría general de la relatividad no generaliza el concepto físico de relatividad en los movimientos acelerados. La esencia de esta teoría consiste (como lo reconocía el propio Einstein) en establecer una estrecha conexión entre el campo gravitatorio y las propiedades del espacio-tiempo. Desde semejante punto de vista la denominación de "teoría general de la relatividad" no corresponde al contenido real de la teoría de Einstein, por lo que sería más acertado llamarla simplemente teoría de la gravitación. Uno de los resultados de las investigaciones llevadas al cabo por V. A. Fock es la conclusión de que la discusión entre los sistemas del mundo de Ptolomeo y Copérnico la resuelve también la teoría de Einstein en favor de este último. En este caso es importante subrayar que el materialismo dialéctico, como verdadera filosofía científica que es, hace avanzar el pensamiento de los investigadores y favorece el desarrollo de las teorías en el campo de las ciencias naturales.

Física contemporánea y realidad

En la física contemporánea ha adquirido extraordinaria importancia el problema filosófico de la realidad. Gracias a la teoría de la relatividad se estableció que los cuerpos con masa constante que se mueven según las leyes de Newton no constituyen la única realidad material posible.

Este problema lo ha planteado aún con mayor agudeza la mecánica cuántica. La sustancia y el campo, como lo ha demostrado el desarrollo de la física cuántica. posee simultáneamente propiedades corpusculares y ondulatorias. En la teoría cuántica los conceptos corpusculares y ondulatorios difieren de su independencia "clásica", se hallan interrelacionados y se transforman unos en otros, debido a lo cual se distinguen cualitativamente de sus análogos clásicos. El movimiento de los microobjetos sólo puede ser considerado como movimiento de partículas o difusión de ondas. Si nos acogemos a los casos extremos, en unas condiciones experimentales los microobjetos se comportan como ondas y en otras como partículas. La llamada relatividad hacia los medios de observación (los últimos fijan las condiciones en las que se manifiestan las propiedades de los microobjetos) constituye el rasgo más característico de descripción en la teoría cuántica, que se desprende de la doble naturaleza corpuscular-ondulatoria de los microobjetos.

Por consiguiente, los principios del materialismo dialéctico, que niegan la "esencia invariable de las cosas"

y reconocen el carácter relativo de cualquier tesis científica sobre las propiedades y estructura de la materia, han obtenido en la teoría cuántica una nueva base para su punto de vista sobre la realidad. La teoría cuántica no ha rebatido el concepto de realidad objetiva, como afirman los apologistas de la filosofía burguesa actual, sino que ha enriquecido su comprensión, elaborada por el materialismo dialéctico, dando con ello un paso más en el conocimiento de la naturaleza.

El materialismo dialéctico ha desempeñado también un papel decisivo en las búsquedas por parte de los naturalistas de la respuesta acertada al problema filosófico del determinismo y la causalidad, planteado por la mecánica cuántica.

El carácter específico de las leyes de la mecánica cuántica consiste en que en ellas se reflejan las propiedades corpusculares y al mismo tiempo ondulatorias de la sustancia, a diferencia de las leyes de la mecánica clásica, en las que el movimiento de la sustancia se manifiesta sólo en forma corpuscular. Semejante punto de vista con respecto a la mecánica cuántica lo han desarrollado numerosos físicos (P. Langevin, S. I. Vavílov, V. A. Fock, D. I. Blojíntsev) y filósofos marxistas.

La mecánica cuántica plantea el problema del determinismo de forma totalmente distinta. Sobre la base de la mecánica clásica se formó el determinismo laplaciano. De acuerdo con las leyes de la mecánica clásica, en las que se apoya el determinismo laplaciano, todas las características del cuerpo en su estado ulterior las determina el estado precedente. Partiendo del mencionado principio, el materialismo mecanicista, que daba un valor abosluto a la mecánica clásica, trató de eliminar del cuadro científico de la naturaleza el concepto de causalidad. Y si los físicos tenían que tropezar en la práctica con hechos ca-

suales, su aprobación se explicaba por el desconocimiento de los datos iniciales. Desde semejantes posiciones la física clásica consideraba las leyes estadísticas (de la probabilidad) como leyes de "segunda categoría".

La mecánica cuántica reconsideró radicalmente semejante interpretación mecánica del determinismo en física. Una de sus particularidades es la de admitir estados del objeto, en los que una u otra magnitud (determinada en la teoría clásica) carece de significación determinada. Y lo importante es que el no poseer esa significación no se debe a que los físicos la ignoren o no sepan calcularla, sino a que la existencia de una significación determinada se contradice con la naturaleza del objeto. Precisamente por eso, la interpretación mecanicista de la casualidad y la posibilidad, y en correspodencia con ello de los conceptos estadísticos y de la probabilidad, es incompatible con la mecánica cuántica. Para esta última la probabilidad sirve para caracterizar las posibilidades potenciales inherentes al objeto en determinadas condiciones externas, y las propias probabilidades constituyen un elemento inalineable de las leyes físicas fundamentales.

El contenido del concepto de estado lo descubre la mecánica cuántica en relación con las indeterminaciones. Según dicha relación, el estado cuántico es tal, que en él no existen simultáneamente valores determinados del impulso y las coordenadas, lo cual es natural, ya que el microobjeto posee una doble naturaleza corpuscular-ondulatoria y no es una partícula en el sentido clásico; de ahí que su impulso y su coordenada no puedan tener en el mismo momento un valor determinado.

Los enemigos del materialismo suelen utilizar la relación de las indeterminaciones para demostrar el indeterminismo de la mecánica cuántica. De hecho, esta relación quita su significado a la aplicación del determinismo la-

placiano a los microfenómenos: si no existen simultáneamente los valores determinados de las coordenadas y el impulso, tampoco se podrán predecir simultáneamente en el futuro sus valores.

Sin embargo, de aquí no se desprende el indeterminismo de la mecánica cuántica. La conexión universal de los fenómenos no la agotan las diferentes ideas que sobre ella hayan podido establecerse sobre la base del conocimiento de las leyes relativas a cierta categoría de fenómenos. El determinismo en física no se reduce a la forma que adopta en la física clásica. En comparación con la mecánica clásica, la mecánica cuántica refleja unos nexos más generales y más profundos. La ecuación ondulatoria, que coordina el estado del microobjeto en diferentes intervalos de tiempo, expresa el principio del determinismo en la mecánica cuántica.

Para la física contemporánea tiene excepcional importancia metodológica la idea de la inagotabilidad del electrón, expuesta por V. I. Lenin, cuando aún no se conocían las partículas elementales ni las leyes del micromundo. Esta idea no sólo estableció las posibilidades teóricas de explicar los hechos relativos al descubrimiento del electrón, sino que en la actualidad continúa estimulando el desarrollo de la teoría física.

Como resultado del descubrimiento del electrón y la radiactividad, que han acabado con las viejas ideas de la indivisibilidad e invariabilidad de los átomos, la dialéctica ha obtenido una nueva confirmación de sus ideas y un nuevo campo de acción para su desarrollo. Pero algunos naturalistas metafísicos dieron al descubrimiento de la compleja estructura del átomo la interpretación de que la materia es inestable en su fundamento: no son los

átomos químicos del siglo XIX, sino los electrones y protones, que cumplen las leyes de la teoría de los campos electromagnéticos y de las cargas eléctricas, los que al parecer desempeñan el papel de los átomos de Demócrito.

Cuando tomó cuerpo el esquema electromagnético del mundo, V. I. Lenin señaló la inconsistencia de la concepción según la cual el materialismo defiende "obligatoriamente en calidad de *materia móvil* el cuadro «mecánico» y no el electromagnético o cualquier otro inconmensurablemente más complejo".

Y de hecho, la teoría clásica del electromagnetismo resultó una verdad relativa. Surgió a la luz la teoría cuántica, cuyo desarrollo condujo al descubrimiento de nuevas especies de partículas elementales y, lo que es más esencial, al descubrimiento de la transmutabilidad recíproca de tan fundamentales partículas de materia.

Las partículas elementales, aunque se asemejan a la partículas de sustancia corrientes, se diferencian notablemente de ellas. Poseen masa en reposo, tiempo de vida, espín, propiedades cuánticas específicas y diferentes tipos de cargas inherentes a cada una de sus especies, es decir, tienen unas características en las cuales la física clásica no podía ni siquiera pensar.

El hallazgo de tales propiedades, así como de un gran número de partículas elementales distintas (estos descubrimientos continúan hoy día) constituye un hecho remarcable a la luz de las ideas sobre la inagotabilidad del electrón. Después de las primeras partículas elementales —el electrón, el fotón (partículas de luz) y el protón (núcleo del átomo de hidrógeno)—, descubiertas en la confluencia de los siglos XIX y XX, en la década de 1930 se descubrieron el neutrón (partícula neutral, de masa próxima a la del protón) y el positrón (que con respecto al electrón es una antipartícula y se diferencia de él por

el signo de la carga eléctrica y por el sentido del momento magnético). Fue entonces cuando W. Pauli manifestó la suposición de la existencia del neutrino (partícula neutral con una masa muy pequeña, que desaparece), que sólo mucho después pudo ser descubierto experimentalmente. El descubrimiento del positrón (en el decenio del 30) y del antiprotón y el antineutrón (en los años 50) constituyeron importantes jalones en la demostración experimental de la transmutabilidad recíproca de las partículas elementales.

En las décadas de 1930 a 1950 fueron hallados los mesones (partículas con una masa intermedia entre la del protón y la del electrón) y los hiperones (partículas más pesadas que el protón) y se estableció el diferente tipo de interacciones de las partículas elementales en el transcurso de sus transformaciones.

Los experimentos de los últmos años han enriquecido extraordinariamente las ideas respecto a las partículas elementales. Se ha puesto de manifiesto que el protón y el neutrón poseen una estructura específica. Se han descubierto numerosas partículas elementales que tienen una duración de existencia extremadamente pequeña: 10^{-23} seg. (llamadas partículas de resonancia o estados de resonancia). Actualmente se conocen 16 especies de partículas y aproximadamente igual número de antipartículas, y si incluimos las partículas de resonancia, la cantidad de partículas elementales aumentará notablemente.

El avance cada vez mayor de la física en el micromundo subraya la capacidad heurística del materialismo dialéctico para resolver los problemas básicos de la física contemporánea. La mecánica cuántica se ha convertido en un sistema científico lógicamente elaborado, desde el momento en que llevó al cabo en su estructuración la idea de la doble necesidad de los conceptos corpusculares

y ondulatorios opuestos para llegar a comprender el movimiento de la materia a nivel atómico.

La teoría cuántica del campo pone de relieve más ampliamente la síntesis de las ideas corpusculares y ondulatorias de la materia. Considera simultáneamente cada campo como un conjunto de partículas y éstas como un campo. Semejante interpretación cuántica de las partículas y los campos es precisamente la que condiciona la necesidad de analizar las partículas elementales en su aparición y desaparición, en su transmutabilidad recíproca.

Por consiguiente, el principio dialéctico de la unidad de los contrarios constituye la base de la física cuántica y la fecunda con nuevas ideas. En particular, con su ayuda es posible resolver las cuestiones que han surgido últimamente sobre lo elemental y lo complejo, la partícul y el sistema, la estructura, etc., que aplicamos a las partícu las elementales pierden su antiguo significado "clásico", conocido de la física precuántica.

En la física contemporánea la situación de la teoría cuántica del campo, que es la de las partículas elementales, se ha formado de un modo muy específico. Por un lado, en la actualidad no hay ni un sólo hecho experimental que la contradiga; por otro, en cambio, no es capaz de explicar la diversidad de las partículas elementales conocidas, y sus ecuaciones conducen a soluciones que carecen de sentido físico. En la Conferencia Internacional de la física de las altas energías, celebrada no hace mucho en Dubno, el conocido físico A. Salam comparó ingeniosamente el estado de la teoría actual de las partículas elementales con una pirámide que se apoyase en el vértice y la cual sólo merced a un milagro podría mantener el equilibrio.

En realidad, la teoría cuántica contemporánea abunda en dificultades y paradojas; los físicos no han hallado

aún los procedimientos científicos concretos que les conduzcan al triunfo, a pesar de que las búsquedas se multiplican y se diversifican en cuanto a ideas y métodos. Son necesarios nuevos conceptos y principios fundamentales que, en conexión con el material empírico, reflejen de forma adecuada el mundo de las partículas elementales.

La inagotabilidad de las partículas elementales, así como su transmutabilidad recíproca, sirven de apoyo al materialismo dialéctico, el cual proporciona a su vez a la física y a las ciencias naturales contemporáneas en su conjunto la base filosófica necesaria para comprender y resolver con acierto las dificultades y paradojas que surgen.

Ha sido en la época de los grandes triunfos del socialismo y el comunismo cuando la nueva física ha llegado a su fase de desarrollo y ha establecido estrechos lazos con las otras ramas de las ciencias naturales. La radical transformación de las condiciones sociales en que en el siglo XX se desenvuelven la física y las restantes ciencias naturales, se ha reflejado en las propias ciencias de la naturaleza, especialmente en su papel en la vida de la sociedad y en sus generalizaciones y conclusiones filosóficas.

Los problemas filosóficos que la novísima revolución había planteado a las ciencias naturales los trataron de resolver en las condiciones del predominio de la ideología burguesa, en primer lugar el empiriocriticismo de Mach y su heredero contemporáneo, el positivismo lógico. El positivismo considera, al tratar dichas cuestiones, que las ciencias naturales contemporáneas suprimen el problema de la realidad objetiva de la naturaleza

y de su conocimiento por el hombre, "eliminan" de la naturaleza la ley y la causalidad objetivas, y que las teorías y conceptos científicos no son más que construcciones puras inventadas por la razón para ordenar las sensaciones.

Los positivistas, en su intento de eliminar de las ciencias naturales el espíritu materialista fundamental, tratan de esquivar el análisis de las cuestiones relacionadas con la concepción del mundo y no son capaces de resolver los problemas metodológicos de la nueva física. No es casual, por tanto la intervención en contra de las tesis positivistas —sobre todo en el último tiempo— de eminentes científicos, entre ellos los fundadores de la física contemporánea: A. Einstein, N. Bohr, L. de Broglie, M. Born y W. Pauli. Con este motivo ofrecen verdadero interés las declaraciones de Born: "Quien considere que la única realidad esencial es la esfera de las ideas y del espíritu, no se ocupará de las ciencias naturales. El naturalista, en cambio, debe ser realista y ver en sus impresiones sensoriales algo más que alucinaciones, debe ver una información que proviene del mundo real externo."

Las respuestas a los problemas filosóficos que la novísima revolución ha planteado a las ciencias naturales, las encuentra la ciencia en el materialismo dialéctico, lo cual fue V. I. Lenin el primero en señalarlo. El desarrollo de la física contemporánea ha confirmado plenamente esta idea leninista.

En la Unión Soviética y otros países socialistas, las ciencias naturales se ligan aún más estrechamente al materialismo dialéctico, y a ello se deben en gran parte los relevantes éxitos alcanzados por la ciencia soviética. Un ejemplo de la aplicación creadora del materialismo dialéctico en la investigación de los problemas científicos en el campo de la física lo constituyen los trabajos de S. I.

Vavilov, A. I. Ioffe y otros muchos eminentes científicos soviéticos. El interés hacia el materialismo dialéctico crece entre los investigadores de los países capitalistas. Científicos de la talla de Langevin y Joliot-Curie en Francia, Bernal en Inglaterra y Sakata Seiti en Japón, se han convertido en adeptos de la filosofía marxista-leninista. La propia lógica del desarrollo de la física contemporánea conduce a los naturalistas de vanguardia a las verdades del materialismo y de la dialéctica.

En este sentido, los mayores resultados han sido conseguidos últimamente. Los científicos soviéticos junto con los marxistas de otros países, han hecho avanzar, desde las posiciones del materialismo dialéctico, la investigación de los problemas del espacio y el tiempo, de la ley y la causalidad, la materia y el movimiento, planteados por a física contemporánea. Partiendo de dichas posiciones se ha interpretado la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica y se han comenzado a investigar los problemas filosóficos que plantea la inconsistencia de las interpretaciones idealistas, tanto positivistas como de otro género, de los principios de la teoría de la relatividad y de la teoría cuántica, y se han analizado los problemas esenciales relativos a la lógica del conocimiento científico, los conceptos fundamentales de las ciencias físicas y las cuestiones relacionadas con la interconexión de las ciencias naturales.

Pasó el tiempo en que las publicaciones burguesas silenciaban el materialismo dialéctico y los trabajos marxistas sobre la filosofía de las ciencias naturales. En los países capitalistas se traducen numerosas obras de autores soviéticos; los informes y las ponencias de pensadores marxistas en los congresos filosóficos internacionales atraen cada vez más a los naturalistas de los países occidentales, mientras que el positivismo y otras corrientes an-

timaterialistas ponen de manifiesto su bancarrota. Al mismo tiempo, los prejuicios clasistas e ideológicos representan una dificultad para que ciertos naturalistas occidentales lleguen a reconocer por completo la importancia de la filosofía marxista-leninista en las ciencias naturales.

A este respecto es muy característico el siguiente hecho. El eminente físico alemán M. Born se apoya en sus últimos artículos en los trabajos de los filósofos soviéticos, con los que se muestra de acuerdo en muchas cuestiones; sin embargo, discute algunas tesis esenciales del materialismo, siendo incapaz de distinguir claramente el materialismo dialéctico del mecanicista. En una discusión manifestó: "No hay nada extraordinario en que todos nosotros, incluyendo a Einstein y a Planck, estemos de acuerdo en muchas cuestiones con nuestros amigos del Este", y a continuación subrayó que eso no significaba en modo alguno "una desviación hacia la doctrina comunista".

La crítica marxista de las concepciones idealistas y de las vacilaciones de los naturalistas contemporáneos en los países capitalistas presupone el análisis concreto de sus concepciones y la capacidad de encontrar en sus ideas un reflejo de la complicada lucha que se desarrolla en la actual vida social y el enfoque constructivo de los problemas filosóficos de las ciencias naturales.

Al mismo tiempo, se han intensificado como nunca los ataques al materialismo dialéctico y a su aplicación en las ciencias naturales por parte de los enemigos manifiestos del marxismo-leninismo. Los positivistas lógicos, los pragmáticos, los neotomistas y otras escuelas filosóficas burguesas contemporáneas han unido sus esfuerzos contra el materialismo y la dialéctica en las ciencias naturales. Por ejemplo, el profesor norteamericano F. Frank y el profesor alemán W. Büchel, neopositivista el prime-

ro y neotomista el segundo, al tratar de demostrar —cada uno por su lado— la tesis, notoriamente falsa, de que la teoría de la relatividad no confirma el materialismo dialéctico, tergiversan las discusiones filosóficas sobre la misma, celebradas en la Unión Soviética. Afirman que los filósofos marxistas la han declarado idealista y por ello no la admiten.

En realidad, la posición nihilista adoptada por algunos naturalistas y ciertos filósofos con relación a la teoría de la relatividad jamás la ha canonizado ni adoptado, con carácter más o menos general, la ciencia soviética; por el contrario, ha sido criticada en las discusiones dedicadas a la teoría de la relatividad y refutada por los físicos y filósofos soviéticos.

Otro ejemplo de falsificación de los hechos lo constituyen las obras antimaterialistas del filósofo E. Topich, profesor de la Universidad de Heidelberg, el cual afirma que "los naturalistas contemporáneos pueden prescindir totalmente en su labor concreta de interpretaciones ideológicas", y para confirmarlo recurre a las manifestaciones de algunos autores, de las que se deduce, según él, que ninguno de los filósofos soviéticos "lee tratados filosóficos ni se preocupa de lo que piensan los filósofos (se refiere a los marxistas.—M. O.) acerca de la física".

Sin embargo, los hechos hablan en contra de Topich. Por ejemplo, en la redacción del libro, publicado no hace mucho, *Problemas filosóficos de la física de las partículas elementales* (1963), intervinieron, además de los filósofos, los naturalistas V. A. Ambartsumián, D. I. Blojíntsev, V. B. Berestetski, I. S. Shapiro, G. B. Zhdánov, Y. P. Terletski, A. A. Sokolov, etc. Lo mismo hay que decir respecto a otras muchas obras relativas a los problemas filosóficos de las ciencias naturales, tanto publicadas en años precedentes como hoy en preparación.

Al combatir a los partidarios de la filosofía reaccionaria burguesa, hay que desarrollar en un extenso frente la ofensiva contra esa ideología. Cuanto más concreta, profunda y aguda sea la crítica marxista de la filosofía burguesa y mejor se sepa fundamentar tal posición en la solución de los problemas filosóficos de la ciencia contemporánea, mayor será la influencia de los trabajos filosóficos marxistas sobre los naturalistas de los países capitalistas.

Los éxitos conseguidos en la investigación de los problemas filosóficos de las ciencias naturales contemporáneas desde posiciones del materialismo dialéctico se deben al fortalecimiento de la unión entre los filósofos marxistas y los naturalistas, para lo cual constituyen una gran ayuda las discusiones con espíritu creador, que se han convertido en un hábito científico, así como la preparación conjunta de trabajos dedicados a la filosofía de las ciencias naturales. En este sentido, ha de tener mucha importancia la obra en varios tomos *El materialismo dialéctico y las ciencias naturales contemporáneas,* cuya preparación ha sido comenzada ya por los científicos soviéticos, y que ofrecerá la generalización filosófica de los principales logros científicos de las ciencias naturales del siglo XX.

Las tareas de mejorar la calidad, la eficacia, la novedad y las perspectivas de los trabajos filosóficos soviéticos pasan a primer plano. Actualmente es de vital importancia lograr que las investigaciones dedicadas a la filosofía de las ciencias naturales descubran la transición de los principios y los conceptos del materialismo dialéctico a las tesis y procedimientos metodológicos que conducen al éxito en el campo de las ciencias naturales. El nivel de estas investigaciones debe corresponder a las crecientes necesidades de la ciencia en el período de la edificación comunista.

L. V. Kutnetsov

LA TEORIA FISICA DEL ESPACIO, EL TIEMPO Y LA GRAVITACION. LA TEORIA DE LA RELATIVIDAD

La teoría de la relatividad es la doctrina contemporánea del espacio y el tiempo, de las leyes de los movimientos de la materia y que se realizan a velocidades próximas a la velocidad de la luz, y también de la gravedad. Fue creada a principios de siglo. En el tomo V de *Historia de la Filosofía* se habla ya de su contenido y significación. Aquí nos limitaremos a examinar su desarrollo ulterior y la pugna de corrientes filosóficas desplegadas en torno a ella durante los cuatro últimos decenios.

Hemos de señalar, ante todo, que la base empírica de la teoría de la relatividad se ha ido ensanchando y robusteciendo a lo largo de este período. Los experimentos de Michelson y de Morley (Estados Unidos), que sirvieron de punto de partida para la creación de la teoría de la relatividad y fueron puestos en tela de juicio por sus adversarios, han sido repetidos numerosas veces y en diversas condiciones con mayor precisión aún. En todos los casos fue confirmado el inicial resultado negativo: el movimiento de la Tierra no confluye sobre la velocidad de la luz (no existe el "viento del éter").[1]

Con ello se confirmaba uno de los postulados fundamentales sobre que descansa la teoría de la relatividad: la velocidad de la luz es la misma en todos los sistemas inerciales de referencia (uno de los cuales, en determinadas condiciones, se puede considerar la Tierra). Este postulado provocaba el mayor número de reparos de quienes negaban la teoría de la relatividad.

1 Sólo en un experimento de J. Mill se obtuvo cierto efecto positivo, pero queda sin explicar la causa: se cree que fue debido a un error experimental sistemático.

La confirmación de esta última no se realiza sólo por la vía directamente empírica de comprobación de sus postulados fundamentales, sino también por la comprobación de diversas consecuencias que se desprenden de la teoría misma. Una de esas consecuencias, que en los últimos 20-25 años ha sido confirmada experimentalmente, es la tesis de que el efecto Doppler —según el cual la frecuencia de la onda luminosa cambia dependiendo de la velocidad del movimiento relativo del foco de luz y el objeto que la recibe— debe ser expresado en la teoría de la relatividad de manera distinta a como lo era en la teoría clásica y tendrá un valor algo distinto. Aunque en las condiciones ordinarias de movimiento del foco luminoso y el objeto que recibe la luz la diferencia es pequeña y se hace sensible únicamente a velocidades grandes, el hecho, no obstante, es de una enorme importancia de principio. Lo que distingue la fórmula clásica del efecto Doppler respecto de la relativista se denomina "efecto relativo Doppler" o "efecto Doppler de segundo orden", por cuanto depende del segundo grado de relación de la velocidad del foco luminoso y la velocidad de la nada luminosa.

La importancia del efecto relativo Doppler consiste en que en ella se expresa de manera directa el retardamiento del correr del tiempo en los sistemas materiales en movimiento, anunciado por la teoría de la relatividad.

En 1938, Yves investigó experimentalmente la modificación de la frecuencia de las líneas del espectro de átomos de hidrógeno que se mueven a gran velocidad (1,800 kms por segundo). Descubrió que esta modificación no transcurre según la fórmula clásica, sino según la fórmula relativa del efecto Doppler. Más tarde, en 1960, el efecto relativo Doppler fue sometido a un estudio mucho más exacto mediante la absorción de resonancia de los rayos gamma por los núcleos atómicos (efecto Meusbauer). Los

resultados también se ajustaban a la fórmula dada por la teoría de la relatividad.

Una confirmación muy clara y convincente de la ley de la teoría de la relatividad sobre la "moderación del tiempo", la moderación del ritmo de los procesos dentro de los sistemas materiales en movimiento, fue obtenida en 1945-1947, al ser estudiado por diversos científicos la desintegración de los mesones *mi*. La vida de estos mesones es brevísima, del orden de 10^{-6} segundos, después de lo cual se desintegran y se convierten en otras partículas. Los experimentos demuestran que la vida de los mesones que se mueven rápidamente es decenas y hasta cientos de veces superior a la de los mesones que permanecen en reposo o se mueven lentamente. El cambio de la duración de su vida se halla relacionado con la velocidad a que se mueve de conformidad con lo que la teoría de la relatividad indica.

La teoría de la relatividad lleva también a la conclusión de que el campo gravitatorio debe actuar sobre la dirección en que se propaga el rayo de luz y sobre la frecuencia de las oscilaciones de la luz. Esta conclusión, de sustancial importancia, ha sido también comprobada por vía experimental.

Para que el campo gravitatorio pueda modificar sensiblemente la dirección de un rayo luminoso debe poseer una tensión muy elevada. La posibilidad real de observar esa desviación del rayo de luz por el campo gravitatorio se presenta cuando el rayo emitido por una estrella pasa, en su camino hacia la Tierra, por las proximidades del Sol, que posee una masa enorme y, por lo tanto, crea un fuerte campo de gravedad. Sin embargo, en las condiciones normales, la luz de la estrella, al ser desviada, se pierde en el brillo del Sol. La situación cambia durante los eclipses totales, cuando el disco de la Luna se inter-

pone entre el Sol y la Tierra. Por esta causa, la desviación gravitatoria de los rayos luminosos sólo era observada durante los eclipses totales del Sol. Las primeras mediciones se efectuaron en 1919. Confirmaron la existenca de la desviación gravitatoria de los rayos luminosos y despertaron un enorme interés hacia la teoría de la relatividad en los círculos más amplios. Esta teoría se convirtió en materia de estudio de los filósofos. Nuevas mediciones, repetidas más tarde por diversos investigadores hasta los últimos años, dieron siempre resultados positivos, próximos a las predicciones teóricas.

Durante largo tiempo no fue posible descubrir y medir otro fenómeno anunciado por la teoría de la relatividad: la influencia del campo sobre la frecuencia de la luz. Hasta últimamente se pensaba que, a consecuencia de la pequeñez de su efecto, resultaba imposible observarlo en las condiciones propias de nuestro planeta. No obstante, el descubrimiento del efecto Meusbauer ha cambiado por completo la situación. Ha elevado en muchas veces la exactitud de las mediciones y ha permitido determinar con seguridad completa la magnitud de la influencia de la gravedad sobre la frecuencia de la luz dentro del laboratorio, proporcionando una nueva confirmación a la teoría de la relatividad.

Pero la teoría de la relatividad no se limitaba a aguardar pasivamente nuevas confirmaciones por vía experimental. Sus leyes han sido un instrumento eficaz para elaborar nuevos conceptos físicos, han sido la base sobre la que se han construido nuevas teorías físicas. Así se ha demostrado el carácter fecundo de la propia teoría de la relatividad para el conocimiento de nuevos fenómenos de la naturaleza, su fuerza heurística.

Las ideas de la teoría de la relatividad contribuyeron sensiblemente a la aparición de la metafísica cuántica.

Sus leyes sirvieron de base para construir la denominada teoría relativa del electrón de Dirac, que explica una serie de finos y sustanciales fenómenos cuánticos: la presencia del espín en el electrón, la fina estructura de las líneas espectrales, la posibilidad de que unas partículas se conviertan en otras. Las leyes de la teoría de la relatividad son el soporte de la actual electrodinámica cuántica y de toda la doctrina de los campos físicos en general. La construcción de cualquier teoría física de cierta amplitud es controlada por la correspondencia de sus ecuaciones fundamentales con el principio de la invariación respecto de las transformaciones de Lorentz, que expresan las más importantes tesis de la teoría de la relatividad.

La aplicación de la teoría general de la relatividad a los problemas de la cosmología ha dado origen a nueva ideas científicas. Si bien aquí hay aún muchas cuestione oscuras y no estudiadas, la principal, desde el punto de vista filosófico, es evidente: la teoría de la relatividad robustece y amplía la idea de que el universo en su conjunto no puede ser considerado como un sistema en equilibrio, como algo petrificado "igual a sí mismo". En verdad se trata de un universo muy "inquieto", interiormente contradictorio, en proceso de cambio, al que es propio un tipo específico de movimiento expresado en la métrica del espacio: el tiempo como un todo. Gran valor en este sentido tienen los trabajos del matemático soviético A. A. Fridman.

El desarrollo de la teoría de la relatividad y su influencia creciente sobre otros campos de la física le han ganado la atención de los filósofos. En torno a ella se ha desencadenado una compleja y reñida pugna de las distintas corrientes filosóficas.

En un principio, casi toda la filosofía idealista se ponía resueltamente frente a la teoría de la relatividad. El

tono lo dio E. Mach al manifestar: la rechazo "con la misma decisión con que rechacé la creencia atomística. . . " [2]

Contra la teoría de la relatividad se mostraban los kantianos, los neorrealistas, los partidarios de Bergson, los convencionalistas, los ficcionalistas, los adeptos de Rehmke y hasta los vitalistas. Razón para la crítica idealista era que la teoría de la relatividad niega el "espacio absoluto" y el "tiempo absoluto" de la mecánica newtoniana, que los kantianos tenían como formas *a priori* y eternas de la conciencia. De este modo, la teoría de la relatividad asestaba un golpe a los fundamentos del apriorismo, y sus adeptos se veían obligados a defenderse desacreditándola. Conscientes de que era imposible conciliar la doctrina kantiana del espacio y el tiempo y la nueva teoría física, formulaban el dilema: "o Kant o Einstein", y trataban de demostrar que la ciencia debía optar por Kant y rechazar a Einstein.

Los bergsonianos, que veían la base de todo lo existente en una mística "duración" en sí misma, también se daban cuenta de la contradicción de sus puntos de vista con las ideas fundamentales de la teoría de la relatividad, por cuanto ésta señalaba la dependencia del tiempo respecto del movimiento material.

Todas las corrientes de la filosofía idealista se mostraban únanimes en oponerse a la teoría de la relatividad en cuanto refiere sus afirmaciones a un mundo real y vincula el espacio y el tiempo a procesos materiales.

La teoría de la relatividad sufría también los ataques de quienes se mantenían en la posición del materialismo mecanicista y vulgar. Todo el contenido de esta teoría proclamaba la inconsistencia de la concepción mecanicista del mundo, el núcleo de la cual en física era la noción del

[2] Cita tomada de: F. von Krbek, *Grundzüge der Mechanik*, Leipzig, 1954, página 170.

"éter universal" mecánico. El abandono de la concepción del "éter universal" —consecuencia inevitable de la teoría de la relatividad— irritaba particularmente a los mecanicistas, quienes en numerosos trabajos trataron de demostrar la inconsistencia de las nuevas representaciones sobre el espacio y el tiempo y argumentar la existencia del éter mecánico, del tiempo absoluto, del espacio absoluto y del movimento absoluto. Tales intentos, a medida que la base experimental de la teoría de la relatividad se robustecía y su contenido objetivo era puesto de relieve, fueron disminuyendo, aunque han seguido hasta últimamente, tanto en la URSS., como en otros países. Sin embargo, hace ya tiempo que han dejado de notarse en la pugna ideológica general que se desarrolla en torno a la teoría de la relatividad. A primer plano ha pasado ahora la lucha contra el idealismo.

La posición de los idealistas frente a la teoría de l relatividad ha ido cambiando paulatinamente. Viendo el papel creciente de esta teoría en la ciencia física, la ampliación y afianzamiento de su prestigio, los partidarios del idealismo empezaron a cambiar de actitud hacia ella. No sólo dejaron de oponerle las tesis fundamentales de la filosofía idealista, como algo incompatible con su modo de pensar y que ellos no podían admitir, sino que trataron incluso de demostrar su "completo acuerdo". A este efecto, las tesis de la filosofía idealista eran envueltas en un nuevo ropaje verbal, utilizando la terminología de la teoría de la relatividad. De otro lado, después de reconocer formalmente la teoría de la relatividad, los idealistas le daban una nueva interpretación ajena por completo al espíritu de la teoría misma, castrando su contenido objetivo. De ahí que la lucha del materialismo consecuente contra el idealismo implicase una defensa de la esencia de la teoría de la relatividad.

El único aliado de la teoría de la relatividad podría serlo el materialismo dialéctico, puesto que el materialismo metafísico, mecanicista, era ajeno a las nuevas ideas de la física. Como señalaba Max Planck, quien toma la concepción mecanicista del mundo como postulado del pensamiento físico, jamás aceptará el principio de la relatividad. Más aún, de hecho los materialistas mecanicistas y vulgares, al calificar la teoría de la relatividad de idealista fueron un obstáculo para la lucha contra el idealismo. Con ello —quisiéranlo o no— apoyaban directamente a los idealistas, dejando inerme al materialismo en el plano ideológico ante su enemigo idealista. Sin embargo, las proposiciones de la teoría de la relatividad concuerdan excelentemente con la esencia de las nociones generales que mucho antes habían sido desarrolladas en la doctrina del materialismo dialéctico sobre el espacio, el tiempo y el movimiento como formas de ser de la materia. No es casual, por ello, que las posiciones más vulgares y mecanicistas en la estimación de la teoría de la relatividad fueran criticadas, precisamente, por los físicos y filósofos fieles al materialismo dialéctico.

Uno de los primeros intentos de los idealistas para utilizar la teoría de la relatividad contra el materialismo fue su negación del principio de la causalidad. Los idealistas "físicos" manifestaban que la teoría de la relatividad "había lanzado la causalidad por la borda". Se poyaban en el hecho de que según la teoría de la relatividad, en los sistemas en movimiento se producen "reducciones lorentzianas" de las longitudes y cambios de los intervalos de tiempo. Estas reducciones, afirmaban, no tienen causa material. En el curso de la polémica que siguió a esto, los investigadores que de hecho se mantienen en posiciones materialistas demostraron el error de la tesis idealista de que la teoría de la relatividad "había lanzado la cau-

salidad por la borda", señalando la causa real de dichos efectos. Reside en el movimiento material relativo.

Entre los sabios avanzados que dieron réplica a los indeterministas aferrados a la teoría de la relatividad, se encontraba W. Pauli, quien declaró: "Consideramos que desde el punto de vista gnoseológico resulta completamente satisfactorio considerar el movimiento relativo como causa de la reducción lorentziana..." [3] La victoria de las concepciones materialistas era tan evidente, que los indeterministas no reanudaron en el campo de la teoría de la *esclavitud* sus intentos, al menos en una forma abierta.

Para los ataques contra la concepción materialista del mundo los idealistas recurrieron también a la circunstancia de que en la teoría de la relatividad cumple un importante papel la noción del sistema de referencia con el que se relacionan diversos fenómenos físicos.

La teoría de la relatividad indica que los cuerpos físicos no pueden ser considerados como algo que existe "por sí mismo", sin relación con otros cuerpos, sin vínculos orgánicos con ellos, sin tener presente su movimiento en relación uno con otro. Sus propiedades —longitud, duración, masa, etc.— vienen determinadas en estas relaciones y vínculos. Por cuanto para el conocimiento de las propiedades de un cuerpo, determinadas en las relaciones respecto de cada sistema de referencia, es necesario un observador provisto de algunas unidades de longitud, de tiempo, de masa, etcétera, los físicos, al exponer la teoría de la relatividad, en aras a la brevedad, en vez de "sistema de referencia" emplean a menudo el término de "observador". Así los idealistas afirman que la existencia misma de todos los fenómenos de la naturaleza es debida a los nexos de estos fenómenos con el sujeto que conoce.

[3] W. Pauli, *La teoría de la relatividad*, Moscú-Leningrado, 1947, pág. 30 ,la primera edición de esta obra es de 1921).

A esto mismo conducía la incorrecta identificación del sistema de referencia con la red imaginaria y ficticia construida por el observador a su arbitrio e impuesta al mundo exterior por el sujeto que conoce. Tal idea sostenía, por ejemplo, el investigador inglés A. S. Eddington. Por cuanto la experiencia indicaba la dependencia de las características de los fenómenos respecto de las relaciones de éstos con los sistemas de referencia, los idealistas —apoyándose en tal identificación— presentaban esto como si las características físicas de los cuerpos dependiesen de la voluntad y la conciencia del observador, de los procesos pensantes de éste.

Al identificar los sistemas de cómputo, ya con el observador, ya con la red imaginaria y ficticia por él construida, los idealistas interpretaban la relatividad de las magnitudes físicas —longitudes, intervalos de tiempo, simultaneidades, masas, etc.— como si tuvieran un carácter subjetivo. En su estudio de la dependencia de las distintas características de los procesos físicos respecto del movimiento de los sistemas de referencia, el físico puede, según las circunstancias, elegir unos u otros sistemas de referencia, entre todos los posibles. Esto daba motivo a los idealistas para afirmar que las propias características físicas dependen del arbitrio del sujeto.

Uno de los logros más importantes de la teoría de la relatividad es el profundo análisis del concepto de simultaneidad de los acontecimientos. Si esto se produce en puntos contiguos del espacio, su simultaneidad es un hecho comprobado por la simple observación empírica. No ocurre lo mismo cuando los acontecimientos se producen en puntos más o menos separados del espacio. Limitarse a la mera observación es imposible. Se exige una profunda elaboración teórica del método empleado para establecer la simultaneidad, teniendo presente que la velocidad a que

se transmiten las interacciones materiales tiene como límite máximo una magnitud finita igual a la velocidad de la luz. La teoría de la relatividad ha proporcionado ese método para determinar la simultaneidad de acontecimientos distanciados en el espacio. Los físicos no podían llegar a él sobre la base de la comprobación directa del hecho. Lo consiguieron mediante consideraciones teóricas, cuya exactitud se confirma únicamente por la correspondencia con la experiencia de conclusiones lógicas más o menos separadas. Esto daba a los idealistas motivo para declarar que el concepto de simultaneidad no refleja lo que ocurre objetivamente en la naturaleza, sino que es un "acuerdo convencional", una definición construida al arbitrio del físico, creada enteramente por su deseo subjetivo.

En la medida en que el concepto de simultaneidad y particularmente, de simultaneidad de acontecimientos especialmente separados, ocupaba un puesto central en teoría de la relatividad, en esa misma medida la subjetivización de dicho concepto desposeía de significación objetiva a toda la teoría en su conjunto.

Así, pues, todas las versiones de la concepción idealista de la teoría de la relatividad, de un modo o de otro, conducían a lo mismo: sus leyes no eran presentadas como leyes objetivas, al margen de la voluntad del hombre, sino como reglas introducidas por acuerdo convencional a fin de ordenar las percepciones sensoriales —correspondientes a observadores distintos— de simultaneidad de los acontecimientos, de extensión espacial de los cuerpos, de ritmo de los procesos, etc. Al mismo tiempo, tal interpretación de la teoría de la relatividad, presentada como auténtica, era utilizada para confirmar la veracidad de las premisas del idealismo. En otras palabras, primeramente la física teórica era deformada en un sentido idea-

lista, y luego esta deformación era presentada como un avance de la física que hablaba en pro del idealismo.

Los físicos materialistas salieron en defensa de la concepción acertada de la teoría de la relatividad, contra la reducción de ésta a un esquema lógico vacío y carente de contenido objetivo. En este sentido se destacaron extraordinariamente los trabajos de P. Langevin, quien sometió a crítica las concepciones idealistas del espacio y el tiempo, demostrando la objetividad de estas formas de existencias de la materia y revelando el carácter objetivo de las leyes de la relatividad. En respuesta a las manifestaciones de los idealistas, de que la teoría de la relatividad conducía a la negación de la objetividad del espacio y del tiempo, argumentó la concepción de que "el principio de la relatividad del espacio es la confirmación... de la existencia de la realidad exterior del espacio". Rechazando los puntos de vista apriorísticos sobre el origen de los conceptos de espacio y tiempo, Langevin subrayaba que dichos conceptos debían desarrollarse inevitablemente hacia la profundización del conocimiento del mundo material. El hecho de la aparición de la teoría de la relatividad le sirvió para refutar la clasificación positivista de las ciencias, asestando así otro golpe al mecanicismo. "La teoría especial de la relatividad —escribía— ha trastocado la jerarquía de las ciencias de Augusto Comte. La mecánica ha dejado de ser el modelo conforme al cual debe ser construida la explicación física."

No obstante, la lucha contra el idealismo se veía dificultada y complicada por la circunstancia de que el mismo autor de la teoría de la relatividad, A. Einstein, incurría en errores de carácter machista abandonando a veces las posiciones del materialismo espontáneo, científico-natural, que ocupaba al resolver problemas concretos de la física. Así, al referirse a las tareas generales

del conocimiento científico, manifestó: "El fin de cada ciencia, trátese de las ciencias de la naturaleza o de la psicología, es la conformidad entre nuestras sensaciones (*experiences*) y su reducción a un sistema lógico." También dijo: "Nuestros conceptos y sistemas de conceptos se ven justificados únicamente en la medida en que sirven para expresar los conjuntos de nuestras sensaciones; fuera de esto no son legítimos."

Los adeptos del idealismo se aferraron a los errores filosóficos del eminente sabio, tratando de crear la impresión de que la teoría física creada por él, lejos de oponerse al idealismo, era expresión de las proposiciones de la filosofía idealista. A su vez, tanto los físicos como los filósofos que se mantenían en las posiciones del materialismo metafísico, mecanicista, desorbitaron el alcance de los errores de Einstein, se mostraban conformes con los idealistas y trataban de presentar la teoría einsteniana como totalmente idealista.

Es mérito de los científicos progresistas, y en particular de los filósofos y físicos que se mantenían en las posiciones del materialismo dialéctico, el haber demostrado la inconsistencia de semejantes intentos. Hicieron una crítica detallada de la interpretación subjetiva de la teoría de la relatividad y revelaron su contenido y su significación reales, objetivos.

El problema central en la lucha contra el idealismo y el mecanicismo fue el de la correlación de lo relativo y lo subjetivo. La interpretación idealista de la teoría de la relatividad, según se ha indicado, quedaba expresada en la suplantación de lo relativo por lo subjetivo. Al mismo tiempo que los idealistas "físicos" se apoyaban en estos errores y rechazaban el materialismo, los mecanicistas, que declaraban su adhesión al materialismo, rechazaban la teoría de la relatividad.

En realidad, sin embargo, la identificación de lo relativo y de lo subjetivo es totalmente inadmisible. Ello se contradice con todo el espíritu y la esencia de la teoría de la relatividad. El sujeto que conoce, el "observador" —cuyo papel en la teoría de la relatividad hipertrofian los idealistas monstruosamente— no es en modo alguno idéntico al sistema de referencia. Este es un sistema, con existencia objetiva, de cuerpos y procesos materiales relacionados entre sí por un determinado tipo de coordinación espacial y temporal, condicionado, en última instancia, por interacciones materiales. Cuando uno u otro fenómeno es estudiado con arreglo a cierto sistema de referencia, eso significa que son tomadas en consideración relaciones existentes entre esos fenómenos y el sistema material de referencia. Estas relaciones son reales, objetivas.

Considerar las relaciones entre un cuerpo dado y el sistema de referencia elegido no significa poner el fenómeno bajo la dependencia del "punto de vista" del observador, de su voluntad y su conciencia. Significa, únicamente, que de todas las relaciones objetivamente existentes del fenómeno dado, con otros, nuestra atención se detiene en una, y a través de ella son estudiadas las propiedades del fenómeno mismo, que tiene existencia objetiva.

El hecho de que el investigador puede elegir el sistema de referencia que estime conveniente no va unido en absoluto a la existencia o inexistencia del objeto que se estudia, a la presencia o a la modificación en él de unas u otras propiedades, etc. Esta elección determina únicamente el camino concreto por el que el físico conoce el objeto, existente fuera del sujeto e independientemente de él, pero que existe en conexión con un determinado sistema de relaciones materiales.

Nos valdremos de una analogía para explicarlo: supongamos que estudiamos la forma de un cuerpo exami-

nando las sombras que proyecta sobre pantallas planas. Al dirigir sobre él un haz de luz desde un lado, en la pantalla vemos un círculo negro. Cambiamos la posición del cuerpo, lo iluminamos desde otro lado y en la pantalla vemos un triángulo negro. Así ocurrirá si el cuerpo tiene forma cónica y la primera vez fue iluminado por un haz de luz perpendicular a la base y la segunda vez lo fue por un rayo paralelo a la base. Está claro que el cuerpo existe con independencia del observador. Lo único que depende de éste es la elección de la perspectiva desde la que examinará el cuerpo. Pero ni la forma del cuerpo ni siquiera la forma de las proyecciones del cuerpo sobre la pantalla dependen de la voluntad y la conciencia del sujeto. Una y otra vienen determinadas enteramente por la naturaleza del cuerpo mismo y por el carácter de las relaciones espaciales que existen entre el cuerpo, los haces de luz y las pantallas.

Lo relativo es lo objetivo que existe en un sistem concreto de relaciones creado por este sistema. Lo que en la teoría de la relatividad es considerado como relativo, depende sólo de las condiciones materiales. Las longitudes de los cuerpos, su masa, el ritmo de los procesos, la coordinación de los acontecimientos en el tiempo, la magnitud de las tensiones de los campos eléctrico y magnético, etc., no dependen, en la teoría de la relatividad, del "punto de vista" del observador, ni de la voluntad y la conciencia o de la elección que él realiza, sino, exclusivamente, del movimiento material real, de las relaciones materiales reales. En ello consiste su relatividad física.

El descubrimiento de la relatividad objetiva fue una gran conquista de la ciencia, que asestaba un nuevo golpe sobre las concepciones idealistas. Al mismo tiempo, privaba de base de sustentación a los mecanicistas, que negaban la relatividad objetiva de características físicas de

los objetos en movimiento como la longitud, la magnitud del intervalo de tiempo, la simultaneidad o no simultaneidad de los acontecimientos, etcétera.

El análisis del concepto de simultaneidad de acontecimientos separados espacialmente, introducido por la teoría de la relatividad, señalaba que en ningún caso se trataba de un "acuerdo convencional" o de una "determinación convencional". No es decretado, no es impuesto a la naturaleza por el sujeto, sino que se construye de conformidad con las leyes de la naturaleza y constituye un reflejo de lo que es propio del mismo mundo material. La introducción de este concepto en la teoría física es un acto de conocimiento y no la adopción de un acuerdo convencional por los hombres puestos de conformidad al respecto.

La discusión en torno a los problemas de la teoría de la relatividad hizo patente que el concepto de simultaneidad —el análisis del cual pasaba a primer plano en las primeras exposiciones de esta teoría—, a pesar de su importancia, no era la premisa, sino una de sus consecuencias, condicionada por las leyes objetivas de la naturaleza.

Una lucha muy reñida se desenvolvió en torno a cómo se debían valorar los sistemas de Copérnico y Ptolomeo desde el punto de vista moderno. Exagerando desmesuradamente lo relativo en la teoría de la relatividad, ciertos científicos manifestaban: puesto que "todo es relativo", es indiferente considerar que la Tierra gira alrededor del Sol, como pensaba Copérnico, o que el Sol se mueve alrededor de la Tierra, como creía Ptolomeo. Esto, sostenían, no significa más que dos acuerdos convencionales en cuanto a los sitemas de cómputo, y la pugna entre las concepciones de Copérnico y Ptolomeo carece por completo de sentido.

Los físicos y filósofos que se mantenían en las posi-

ciones del materialismo dialéctico sometieron al peso de sus argumentos este punto de vista del relativismo filosófico. Particular importancia en este sentido tuvieron los trabajos del soviético V. A. Fok, quien demostró que el movimiento acelerado es absoluto, y no relativo, no sólo en la mecánica clásica, sino también en la teoría de la relatividad, y que ésta no cambia la significación del sistema de Copérnico como uno de los más grandes triunfos de la ciencia.

En relación con la eloboración de la teoría general de la relatividad, que establecía un nexo entre las propiedades del espacio y el tiempo y la distribución de la materia, y entre las mediciones de la diversidad temporal-espacial y la gravitación, surgieron concepciones erróneas que identifican con la materia el continuo temporal-espacial. Se llegó a afirmar que la materia se "transforma" en espacio y que el espacio-tiempo se transforma en materia. Aquí se incurriría en un divorcio entre las formas de existencia de la materia y la propia materia. Pero, como ya observó Lenin, "el tiempo fuera de las cosas temporales = Dios". También estas concepciones fueron criticadas en las publicaciones científicas marxistas.

Con su réplica a la interpretación idealista de la teoría de la relatividad, al liberar la concepción científica de algunos de sus conceptos básicos —el sistema de referencia, la relatividad física, el carácter absoluto, etc.— de las deformaciones subjetivistas, los científicos avanzados aportaron una valiosa contribución al ulterior desarrollo de esta teoría. Revelaron y subrayaron la significación de lo absoluto en ella, mostrando que a través de lo relativo se descubre el contenido absoluto en las leyes de la naturaleza, lo que permanece invariable en cualquier sistema de referencia. La revelación de estos elementos absolutos, invariables, representa, acaso, una tarea más, importante

que la explicación de las propiedades relativas de los fenómenos. En esencia la teoría, de la relatividad, de lo relativo, debería ser llamada, legítimamente, "teoría de lo absoluto".

Los científicos soviéticos enunciaron una nueva interpretación de la teoría general de la relatividad como teoría de la gravitación (V. A. Fok). Se intentó dar una nueva construcción lógica a esta teoría partiendo de la idea del vínculo irrompible de la estructura espacio-tiempo y causa-efecto del mundo (A. D. Alexándrov). Este último consiguió la demostración matemática de la posibilidad de derivar las transformaciones de Lorentz de las más generales hipótesis acerca de la estructura de las relaciones de causa-efecto. Con tal enfoque se hace particularmente lara la esencia objetiva de la teoría de la relatividad, su arácter dialéctico. Consideraciones semejanes habían sido ya expuestas por el físico irlandés A. Robb, pero fueron de hecho olvidadas.

De este modo quedó demostrado que la teoría de la relatividad es la doctrina física del espacio y el tiempo, de las leyes del movimiento de los objetos materiales a velocidades próximas a la de la luz, la doctrina de la gravitación. Su rasgo principal es que revela un nexo antes desconocido del espacio y el tiempo, entre sí y con la materia en movimiento.

La teoría de la relatividad planteaba problemas filosóficos importantes de gran significación para el ulterior desarrollo del materialismo dialéctico, sus leyes y sus categorías. Uno de ellos es el del nexo interno de las formas de existencia de la materia, que halla expresión en la diversidad temporal-espacial. Algunos científicos interpretan este nexo como la unión o fusión del espacio y el tiempo en una forma única de existencia de la materia: el espacio-tiempo.

Otro problema es el relativo a la interrelación del espacio y el tiempo, de una parte, y los vínculos de causa-efecto, de otra. La teoría de la relatividad proporciona un valioso material para nuevas generalizaciones filosóficas que revelan con mayor detalle el panorama del proceso de generación del efecto por la causa, con lo que hace avanzar el estudio de la causalidad en general. Contiene datos para nuevas investigaciones de las propiedades de lo infinito, y en particular de la correlación de lo infinito y lo relativo. La exigencia de la teoría de la relatividad sobre la invariancia de las leyes de la naturaleza respecto de las transformaciones de Lorentz, fue un estímulo para el planteamiento del problema filosófico referente a la correlación de las invariantes físicas con lo absoluto y lo relativo en el sentido gnoseológico.

La teoría de la relatividad, que revelaba la dependencia de las características físicas de los cuerpos respecto de los sistemas de cómputo, llevó a primer plano el problema de un estudio más profundo de la categoría dialéctico-materialista de relación y la intervinculación interna de las categorías de cosa-propiedad-relación. El estudio del modo de construcción de la teoría de la relatividad atrajo la atención hacia el análisis filosófico de la lógica interna de la construcción de la teoría física en general.

La teoría de la relatividad está lejos de adoptar una "forma perfecta". Prosiguen las búsquedas de una interpretación más profunda de su esencia, de sus leyes y sus consecuencias; hay discusiones en torno a diversos problemas, como es, por ejemplo, el de la naturaleza de los efectos relativistas. Un intento de desarrollar una noción más detallada de la "mecánica" de estos efectos fue el del físico húngaro L. Janosi, cuyas consideraciones fueron recibidas, sin embargo, con reservas. Entre los científicos se discute a fondo sobre la valoración de la esen-

cia y significación del principio general de la covariación de las leyes de la naturaleza, que cumplió un señalado papel en las investigaciones de A. Einstein (A. D. Alexándrov, M. F. Shirókov y otros).

Los avances de la física contemporánea, que han confirmado brillantemente la teoría de la relatividad, actualizan, sin embargo, la búsqueda de vías que rebasan los límites de la teoría misma. Esto se relaciona, en particular, con la conjetura de que es posible la existencia en los procesos nucleares de interacciones que se propagan a velocidades superiores a la de la luz (Blójintsev y otros).

COLECCION 70

LIBROS PUBLICADOS

1.—**Revolución y contrarrevolución,** Carlos Marx
2.—**La formación de los intelectuales,** Antonio Gramsci
3.—**La libertad en el arte,** Honor Arundel
4.—**Los grupos y el poder político en los Estados Unidos,** León Dion
5.—**Revolución en filosofía,** Howard Selsam
6.—**¿Es el comunismo una nueva etapa?,** Jacob M. Budish
7.—**Los Estados Unidos y América Latina,** Herbert Matthews
8.—**Materialismo militante,** Jorge Plejánov
9.—**Guerrillas y contraguerrillas,** William J. Pomeroy
10.—**Reforma o revolución,** Rosa Luxemburgo

problemas filosóficos de la física contemporánea

S. MELIUJIN

Las investigaciones filosóficas y físico-teóricas se interpenetran y enriquecen mutuamente. Es, sobre todo, importante el papel de la filosofía en la creación del esquema físico, verdaderamente científico, del mundo. Históricamente han existido diferentes esquemas científicos del mundo. En la formulación de los principios de cada uno de estos esquemas ha sido importantísimo el papel de la concepción filosófica del mundo que dominaba en la época correspondiente y que influyó en los creadores de las concepciones físicas.

Si se sigue atentamente el desarrollo del saber científico, se puede observar la acción de una importante ley: todos los principios y leyes fundamentales y globales de la ciencia, de carácter universal, en un principio ha sido la filosofía la que los ha formulado e investigado en sentido general y cualitativo.

El presente libro, obra del a
de *El problema de lo finito y l*
finito, analiza las relaciones e
la física contemporánea, que tan
levante papel juega en el desar
de la producción moderna, y la
losofía, enfocada ésta desde el p
de vista del materialismo dialéctico.

Una obra que, no obstante su gran valía científica, es perfectamente accesible para el lector no especializado en la física.

F

COLECCION 70